

Resumen

Como trabajo de fin de grado, se realizaron “prácticas” en la Empresa Atmosferia donde se determinó la gestión del ciclo del agua y se ejecutó el diseño de domótica, a nivel de anteproyecto, de un complejo vacacional en una parcela de Llivia, en la comarca de Cerdaña. La eficiencia y el confort fueron puntos muy importantes para el desarrollo de dicho proyecto, ya que el mismo persigue la finalidad de conseguir una Smart city o en este caso Smart rural.

Para el desarrollo del proyecto se partió del pliego de condiciones e información dada por parte de la empresa y se evaluaron los proyectos ya realizados. Así pues nos centramos en la edificación ya definitiva e introducimos las medidas en ella. Se hicieron reuniones casi diarias por parte de las estudiantes para discutir ideas y distribuir tareas, sumada con la supervisión de los tutores de la empresa mediante reuniones semanales.

Finalmente para aportar conocimiento, información y enriquecer el trabajo se realizaron consultas con expertos y especialistas en la materia, y se hicieron visitas que podían ayudar al desarrollo del proyecto como fue el Sabadell Smart congress o CONSTRUMAT.



RESUMEN	1
1. GLOSARIO	7
2. INTRODUCCIÓN	10
2.1. Objetivos del proyecto.....	10
2.2. Alcance del proyecto.....	11
2.3. Pliego de condiciones	12
3. DESCRIPCIÓN DE LA EDIFICACIÓN	13
3.1. Características del solar y complejo	13
3.2. Climatología	17
4. GESTIÓN DEL CICLO DEL AGUA	20
4.1. Planteamiento del problema	20
4.2. Propuesta	21
4.3. Tratamiento 1 – proceso de potabilización.	21
4.3.1. First-flush	21
4.3.2. Filtro de carbón activo.....	23
4.3.3. Filtro de dolomita y calcita	24
4.4. Tratamiento 2 – proceso de limpieza.....	26
4.4.1. Trampa de grasas	26
4.4.2. Filtro de cartucho de polipropileno	28
4.5. Tratamiento 3 – proceso de depuración	30
4.5.1. Humedal artificial	30
4.6. Esquema de principios.....	36
5. SOLUCIÓN	40
5.1. Cálculos pluviometría	40
5.2. Volumen depósito acumulador pluvial	41
5.3. Volumen de depósito para segundo y tercer uso	43
5.4. Bombas hidráulicas	44
6. NORMATIVA	47
6.1. Normativa sobre gestión sostenible del agua	47
6.1.1. Marco europeo:.....	47
6.1.2. Marco estatal:	47
6.1.3. Marco autonómico:	48
6.1.4. Ámbito de aplicación.....	48
6.1.5. Requisitos formales:	48

6.1.6.	Diseño y dimensionado de las instalaciones de aprovechamiento de agua de lluvia.....	50
6.1.7.	Inspección.....	51
6.1.8.	Características técnicas de los mecanismos ahorradores	51
7.	CONTROL DE ACCESOS	53
7.1.	Acceso remoto a las instalaciones de la vivienda mediante NFC.	53
8.	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE ARDUINO:	55
8.1.	Hardware	55
8.2.	Software.....	55
8.3.	Códigos.....	56
9.	DISPOSITIVOS ACOPLABLES A ARDUINO	57
9.1.	Sensores.....	58
9.2.	Actuadores.....	61
9.3.	Baterías.....	61
9.4.	Comunicadores.....	62
9.5.	Servidor.....	64
9.6.	Diagramas de flujo de funciones principales.....	65
10.	SISTEMA DE DOMÓTICA (GESTIÓN TÉCNICA):	67
10.1.	Donde situar sensores.....	68
10.2.	Arquitecturas de conexión	69
10.2.1.	Función del servidor (PLC) en la arquitectura centralizada	70
10.2.2.	Función de la placa o sensor en la arquitectura centralizada.....	71
10.2.3.	Encapsulados	71
11.	PRESUPUESTO	73
11.1.	Presupuesto de domótica en cabañas.....	73
11.2.	Presupuesto gestión del agua	74
12.	DIAGRAMA DE GANTT	77
13.	CONCLUSIONES	78
13.1.	Conclusión optimización de la gestión del agua	78
13.2.	Conclusión del diseño de un sistema de control de domótica basado en la plataforma Arduino	79
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	80
14.1.	Gestión del agua.....	80



14.2. Domótica:	81
15. ANEXOS	83
15.1. Precipitaciones estratificadas por años y meses:	83
15.2. Conexiones sensores:	84
15.2.1. Sensor de proximidad:	84
15.2.2. Sensor de luz:	84
15.2.3. Sensor de temperatura (LM-35):	85
15.3. Códigos de sensores:	85
15.3.1. Códigos para sensor de temperatura y movimiento	85
15.4. Pliego de condiciones de todo el complejo.....	86

1. Glosario

Aguas pluviales: Aquellas aguas recogidas en la red de drenaje superficial durante los episodios de lluvia, antes de mezclarse con las aguas negras.

Agua potable: Agua captada y tratada cuya calidad cumple los criterios establecidos en la normativa específica para las aguas destinadas al consumo humano.

Reutilización de aguas: Aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido a proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

Sistemas de captación de aguas pluviales: Todo mecanismo o instalación que tenga como objetivo la recogida y almacenamiento del agua procedente de la lluvia

Aireadores: Sistemas economizadores para grifos y duchas que reducen el caudal introduciendo aire en el flujo de agua.

Tratamiento de agua: El tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos pueden compartir operaciones.

Proceso de potabilización: La potabilización es un proceso que se lleva a cabo sobre el agua para transformarla en agua potable y de esta manera hacerla absolutamente apta para el consumo humano. La potabilización, mayormente, se realiza sobre aguas originadas en manantiales naturales y en aguas subterráneas. En tanto, el agua potable es

aquella agua que puede ser consumida por los seres humanos sin ningún tipo de restricción porque se encuentra absolutamente limpia de por ejemplo, sólidos suspendidos, aglomeración, de coloides, de organismos patógenos, de hierro y manganeso, sedimentación y corrosión, entre otras cuestiones. Tal situación es posible gracias al proceso que se lleva a cabo en las plantas potabilizadoras destinadas para tal fin.

Proceso depuración: Una estación depuradora de aguas residuales (EDAR), también llamada planta de depuración o planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), tiene el objetivo genérico de conseguir, a partir de aguas negras o mezcladas y mediante diferentes procedimientos físicos, químicos y biotecnológicos, un agua efluente de mejores características de calidad y cantidad, tomando como base ciertos parámetros normalizados.

Agua dura o blanda: En química, se conoce como agua dura a aquellas que poseen una dureza superior a 120 mg de CaCO_3 por litro, o lo que es lo mismo, que contiene una gran cantidad de minerales, particularmente sales de magnesio y calcio. A esta agua también se las conoce con el nombre de calcáreas. Este tipo de aguas dificulta la limpieza, debido precisamente a la presencia de sales de calcio, magnesio e incluso de hierro, por lo que el grado de dureza del agua es directamente proporcional a la concentración de las ya mencionadas, sales metálicas.

Procesos aerobios: Procesos realizados por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular. La materia orgánica en conjunto con el oxígeno y bacterias es transformada en biomasa, óxido de carbono y agua.

Procesos anaerobios: La digestión anaerobia es el proceso fermentativo que ocurre en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales. El proceso se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano y de CO_2 , en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas.

NFC: significa “Near Field Communication” (comunicación de campo cercano). Se trata de una tecnología inalámbrica que funciona en la banda de los 13.56 MHz (en esa banda no hace falta licencia para usarla). NFC es una plataforma abierta pensada desde el inicio para teléfonos y dispositivos móviles. Su tasa de transferencia puede alcanzar los 424 kbit/s por

lo que su enfoque más que para la transmisión de grandes cantidades de datos es para comunicación instantánea, es decir, identificación y validación de equipos/personas. Su comunicación es casi instantánea sin emparejamiento previo y trabaja en un rango de 20cm.

Arduino: Es una plataforma de hardware libre creada en 2005, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede afectar aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores.

Zigbee: ZigBee es un protocolo de comunicaciones inalámbricas basado en el estándar 802.15.4, está pensado para comunicaciones a baja velocidad entre dos o varios dispositivos, se pueden formar redes con miles de dispositivos comunicándose entre sí, por lo que es ideal para muchas aplicaciones, entre ellas tiene cabida la conexión de sensores para una finalidad domótica.

Smart Rural: así es como se denomina a la Smart City del mundo rural. Se trata pues de destinos turísticos inteligentes en un entorno social, local y situados en un entorno de montaña, rural.

2. Introducción

Este proyecto se sitúa en un complejo vacacional en la Cerdanya, en el municipio de Llívia. Como punto de partida, se estudió y analizó la documentación que se facilitó por parte del representante de la empresa (Atmosfera), dicho documento consta de proyectos previos desarrollados por alumnos de diversas universidades, entre los cuales se encuentran los proyectos definitivos para el edificio central y para las viviendas (cabañas).

Por otra parte, se concretó el pliego de condiciones con las exigencias del cliente en los que se establecen los parámetros y necesidades a las que debe responder el complejo. A partir de estos aspectos a solventar se han realizado una serie de medidas para poder solventar todas estas necesidades, de las cuales sobresalen la domótica con plataforma Arduino y la optimización del consumo de agua doméstico mediante sistemas de reutilización y tratamientos.

Con el presente proyecto se ha hecho una instalación domótica capaz de integrar y controlar todos los sistemas tecnológicos que pueden incorporarse en una vivienda, teniendo en cuenta las ofertas que nos ofrece el mercado actual y adaptándolas a la cabaña más concretamente. También se analiza la canalización y gestión de agua dentro del domicilio de manera que ésta sea lo más eficiente posible.

El diseño del Complejo Vacacional está formado por un edificio central multifuncional, 25 cabañas, y edificios anexos de servicios y usos comunes; además contará de una piscina, una sauna, áreas recreativas para los niños y guardería canina, entre otros.

2.1. Objetivos del proyecto

Los objetivos que se han planteado para el desarrollo de este proyecto se centran en dos temáticas diferentes pero que persiguen el mismo fin, la optimización de los recursos para hacer del complejo un lugar más eficiente energéticamente.

- Gestión del agua: Establecer una alternativa viable y óptima de cara a reutilizar el agua de lluvia dentro del complejo, más concretamente en las cabañas.
- Domótica: Crear un sistema de domótica simple, utilizando las placas de bajo coste

Arduino y otros dispositivos, como sensores, actuadores y comunicadores. Dotar al sistema de la lógica necesaria para que puedan comunicarse las placas entre sí. Conseguir eficiencia energética y mayor confort para el usuario.

2.2. Alcance del proyecto

El alcance de este proyecto contempla todo lo relacionado con la implantación del ciclo del agua dentro de la cabaña, como es el desarrollo de todos los tratamientos que se le tienen que aplicar al agua pluvial, la recolección de datos pluviales de los últimos años y su correspondiente análisis, los cálculos de volumen para dimensionar todo el sistema de depósitos y los costes que supone implementar todas estas medidas dentro del complejo y en consecuencia los beneficios que puede generar aplicar esta opción a largo plazo.

En este proyecto se detalla el acceso remoto a instalaciones del complejo, donde se ha usado la tecnología NFC, y se ha contemplado un presupuesto para el conjunto de cabañas.

Por lo que respecta al sistema electrónico, es decir, la domótica de cada cabaña, se ha hecho un análisis de mercado; qué hardware y software se está usando en los últimos tiempos. Se ha escogido la plataforma Arduino, ya que existe un gran abanico de dispositivos de sensores y actuadores que utilizan este hardware libre, y facilita mucho las cosas cuando se tiene que construir un sistema de domótica simple. Se han estudiado las necesidades de la cabaña y en función de las mismas se ha decidido qué sensores utilizar y donde se deben ubicar. También, de forma virtual, se han representado todas las conexiones entre sensores y protoboards y sus respectivos códigos en Arduino. Para finalizar, así como se hizo con la gestión del ciclo del agua, se ha elaborado un plan de costes.

2.3. Pliego de condiciones

- Acceso remoto a las instalaciones de la vivienda.
- Programas de ahorro de energía (persianas, luces).
- Sensores volumétricos para activación/desactivación de luces.
- Control de accesos mediante RFID y software asociado:
 - Puerta principal
 - Zona privada
 - Zonas/accesos con permisos individualizados para cada uno de los trabajadores/visitantes.
 - Zona garaje
- Central de sensores para condiciones climáticas (central meteorológica).
- Gestión servicios y optimización (agua, electricidad, gas)
- Gestión climatización.
- Detección presencia.
- Gestión del ciclo del agua.
- Acceso en habitaciones y bungalows via NFC, y/o códigos o llaves NFC; incorporación.

3. Descripción de la edificación

3.1. Características del solar y complejo

El municipio de Llivia tiene una superficie de 12,9 km² con una población de 1.689 habitantes (datos 2012 INE) concentrada en el núcleo urbano, resultando una densidad de 89,7 hab. /km².

El río Segre atraviesa al municipio por el centro permitiendo que el cultivo posea un regadío próximo en sus orillas, razón por la cual la actividad del suelo mayormente desarrollada es agrícola, ocupando más de un 60%, mientras que la superficie urbanizada ocupa solamente un 4,59%.



Ilustración 1. Mapa de ubicación de Llivia.

Es importante mencionar que Llivia tiene la particularidad de que, siendo territorio español (provincia de Girona), está rodeado de territorio francés lo que le da el privilegio de poder aprovechar las pistas de esquí tanto de la Cerdanya catalana (Masella, la Molina, en Alp, entre otras) como también francesas (La Font-Romeu Oyrénéas, Cambre d’Aze, La Quillane) y de Andorra (La Gran Valida). La ubicación exacta del área a proyectar se encuentra en la N-154 km 4; polígono 8, parcela 123, C.P. 17527, aproximadamente a 1223 metros sobre el nivel del mar.

La forma del edificio central es longitudinal en forma de una “V” con lo cual se abre hacia el resto del complejo. Sus lados más extensos corresponden a la orientación norte/sur. En la orientación sur se colocaron las actividades más relacionadas con el resto de la parcela, ya que cuenta con aberturas más grandes que dan la posibilidad de, en planta baja, poder integrarse y disfrutar del resto de las instalaciones mientras que del lado norte se colocaron aberturas más pequeñas, debido a que la orientación no es la más favorable.

El edificio se desarrolla en 2 plantas, más buhardilla y sótano. Como se muestra en la imagen, geométricamente se desarrolla en 3 partes, un área central y dos laterales (este y

oeste). La zona este y la central se desarrollan en un mismo nivel, formando el bloque 2, mientras que el área oeste funciona en niveles intermedios perteneciente al bloque 1.



Ilustración 3. Visión 3D desde el sud del complejo.

Dichas viviendas se agrupan en cinco conjuntos de cinco unidades cada uno. Estos núcleos se basan en el concepto de la era ceretana, en el cual todos los espacios se ubican en torno a una zona común y central.

Se trata de una distribución encerrando las parcelas de las cabañas un espacio común, generando una plaza semi-pública, en la que se pueden desarrollar diversas actividades, garantizando seguridad y privacidad al conjunto.



Ilustración 2. Visión en planta del terreno.

La cabaña se desarrolla en una planta única, para garantizar accesibilidad absoluta a toda la vivienda.

El acceso se realiza mediante una terraza privada de cada unidad, la cual está orientada al sur, al igual que los ambientes principales de la unidad, mientras que con orientación norte se dispuso el dormitorio secundario y el baño.

El habitáculo está adaptado para que pueda ser apto para personas con movilidad reducida.

En las fotos que se ofrecen a continuación se puede observar cómo es la distribución dentro de cada cabaña y sus respectivas vistas en planta, perfil y alzado.



Ilustración 4. Visión 3D desde el oeste del complejo.



Ilustración 6. Esquema en planta de la distribución de una cabaña.



Ilustración 5. Visionado en alzado y perfil del exterior de la cabaña.

3.2. Climatología

El clima de esta zona es mediterráneo húmedo. En invierno los meses más fríos son enero y diciembre llegando con una temperatura media de entre 2 y 3 °C respectivamente. Su primavera es cálida y su verano y otoño son relativamente cortos, siendo julio y agosto los meses más cálidos con temperaturas medias de 19 °C. La frecuencia de las precipitaciones es de 102 días al año y varía entre 5 y 12 días al mes. La Cerdanya como territorio más abierto y plano de los Pirineos es una región bastante ventosa, sobre todo los vientos de Este y del Oeste.

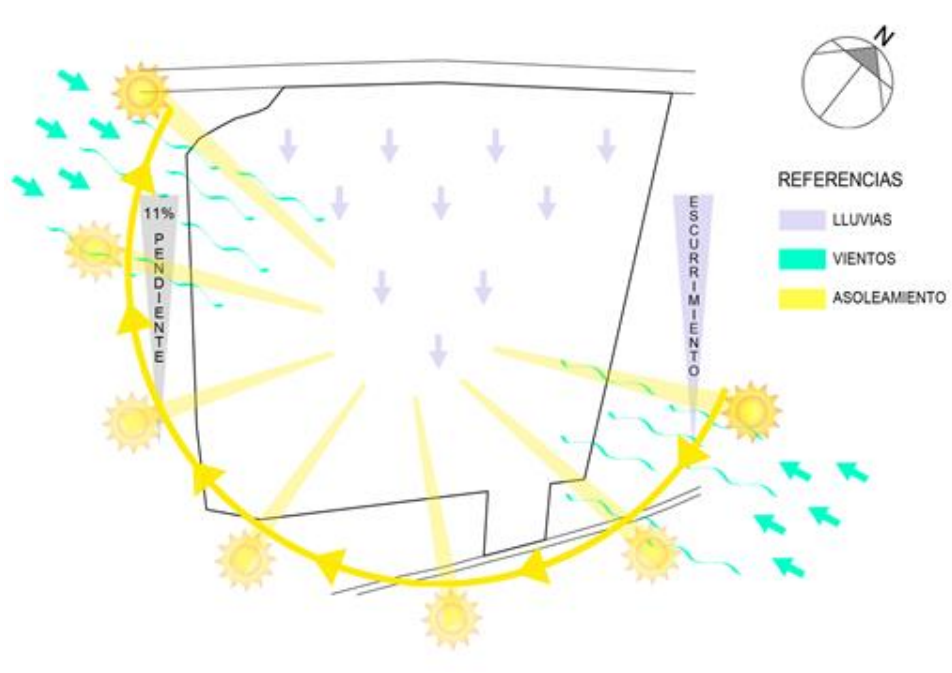


Ilustración 7. Climatología

VIENTO

Respecto a los vientos, éstos son mayoritariamente de este y/o de oeste. Por esto se dispuso, por un lado, en el oeste las edificaciones anexas, las cuales se disponen en construcciones alargadas, paralelas a la carretera nacional para que funcionen como protección de los vientos occidentales. En cambio al este de la parcela, se proyectaron espacios verdes, para poder generar barreras naturales contra el viento.

Es sabido que se puede tratar de analizar el viento para recoger los toldos o no mediante sensores de viento. Este aspecto no se contempla en este proyecto ya que en el diseño actual de las cabañas no se contempla la idea de poner toldos en las cabañas.

SOL

Considerando que las mejores orientaciones respecto al soleamiento son el sur, y en su recorrido el sol recorre de este a oeste, en el momento de proyectar tanto el edificio central como las cabañas, se tienen en cuenta estas orientaciones, y es por esto que las fachadas con mejor orientación alojan las actividades más importantes de cada edificación.

En el caso de la iluminación de las cabañas más adelante veremos cómo trataremos los sensores de luz y como se situaran.

PLUVIOMETRIA

Las siguientes gráficas muestran la pluviometría de la zona de la Cerdaña (datos IDESCAT). En primera instancia tenemos el total de agua en mm (l/m^2) organizado por años, es decir, el cabal total que se obtiene de agua a lo largo de un año. Para la segunda gráfica se ha estratificado por meses el cabal medio de agua, también en mm (l/m^2). Se ha trabajado con los datos promedio de los últimos 15 años.

- Media por año: 532,573 mm
- Media por meses: 44,381 mm

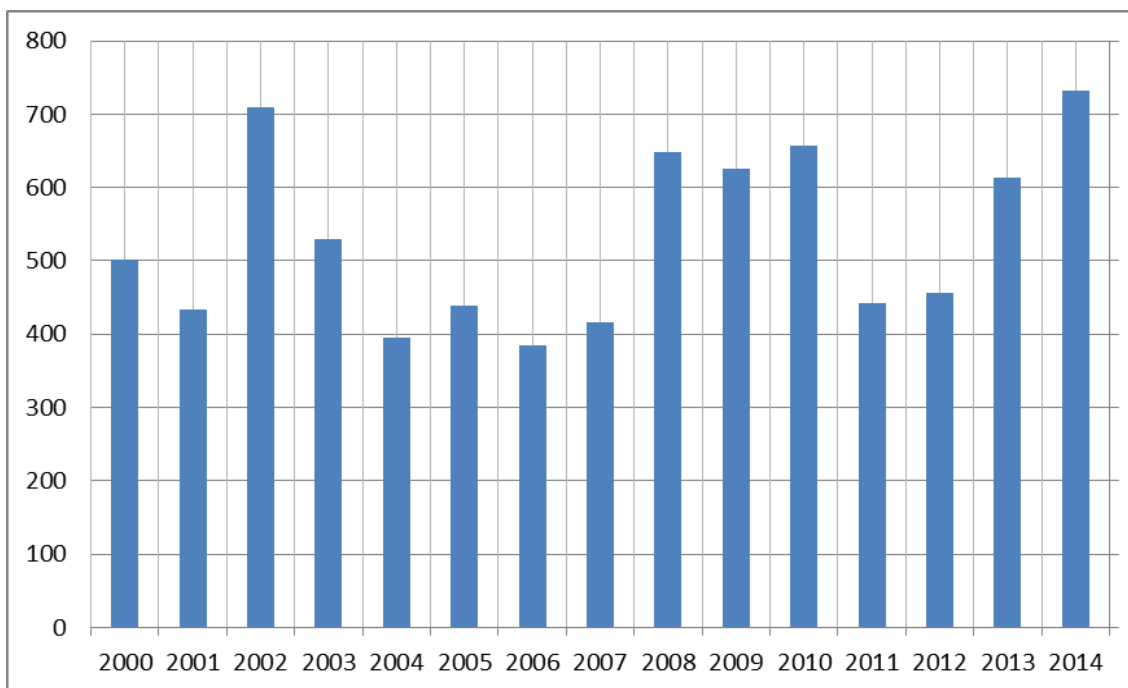


Ilustración 8. Pluviometría en mm (l/m2) estratificado por años.

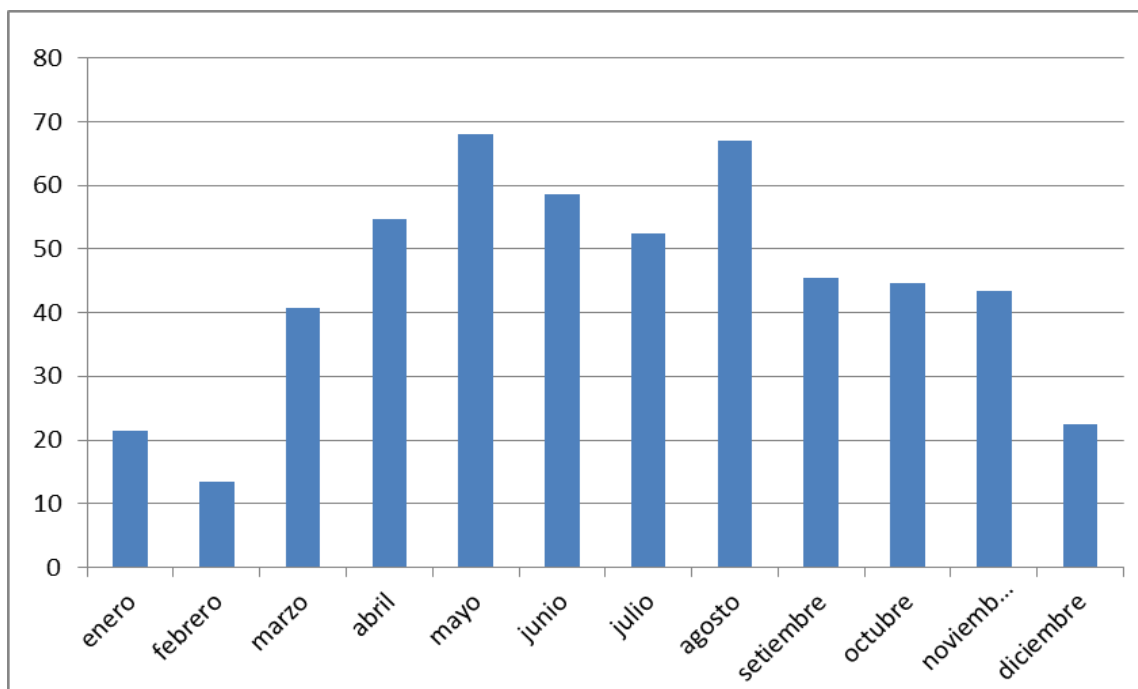


Ilustración 9. Pluviometría en mm (l/m2) estratificado por meses.

4. Gestión del ciclo del agua

4.1. Planteamiento del problema

El ser humano está acostumbrado a un uso cotidiano de agua para su supervivencia y confort. Esta agua no necesariamente debe de tener las mismas características en todos sus puntos de consumo, ya que el mismo usuario le da distintas funciones según sus necesidades, adaptando cada punto de consumo a su uso.

Es sorprendente que menos del 4 % del agua que usamos en casa es bebida, y lamentablemente el 23% de la misma se tiran por el inodoro. Otros datos interesantes son la ducha, que representa el 37 % o el 20 % se utiliza en el cuarto de baño (con exclusión de ducha y el inodoro), (Gerardo Wadel, 2013 y Jaime Santa Cruz Astorqui, 2002). Eso conduce a pensar que el agua potable no se utiliza realmente en todos los puntos de servicio de la casa y por lo tanto no se necesita en su respectiva calidad. ¿Sería posible tener agua de calidad diferente en consideración a lo que realmente se utiliza/necesita?

El uso del agua sigue un patrón diario muy uniforme, de manera que en cierta medida el gasto ocasionado en la vivienda se puede tabular en litros por día y persona

Consumo aproximado de agua por persona/día	
Actividad	Consumo de agua
Afeitarse	40-75 litros
Afeitarse (cerrando el grifo)	3 litros
Bañarse	200 litros
Beber	1,5 litros
Cocinar	6-8 litros
Darse una ducha	35-70 litros
Descargar la cisterna	10-15 litros
Lavar el coche con manguera	500 litros
Lavar la ropa	60-100 litros
Lavarse las manos	1,5 litros
Lavarse los dientes	30 litros
Lavarse los dientes (cerrando el grifo)	1,5 litros
Limpiar la casa	15-40 litros
Limpiar la vajilla a mano	100 litros
Limpiar la vajilla a máquina	18-50 litros
Media descarga de cisterna	6 litros
Regar un jardín pequeño	75 litros
Riego de plantas domésticas	15 litros

Datos de Intermón Oxfam

Tabla 1. Consumo de agua por persona al día

4.2. Propuesta

La solución propuesta en este proyecto se basa en la recolección del agua pluvial y en la reutilización del agua ya usada. El proceso se inicia con la recogida de agua pluvial seguido por el tratamiento adecuado en cada caso para las distintas etapas. Mediante este método conseguimos reducir el volumen final de agua utilizada con el mismo consumo y por lo tanto alargar el ciclo hidrológico.

El cambio de mentalidad del usuario es uno de los principales mensajes que se quiere transmitir además del ahorro económico. Consiste en concienciar al consumidor de la innecesariedad del uso de agua potable para el total de las actividades que se desarrollan en el hogar sin ver mermada su bienestar. El usuario verá todas sus facilidades cubiertas a fin de obtener el servicio deseado.

En este apartado vamos a explicar en qué consiste cada tratamiento de potabilización del agua y se ha realizado un esquema de principios para la cabaña. Finalmente se desarrollan los cálculos para los depósitos y el análisis del ahorro.

4.3. Tratamiento 1 – proceso de potabilización.

4.3.1. First-flush

- Calidad del agua de entrada y funcionamiento

Aprovechar el agua de lluvia no es algo inusual, aunque es menos frecuente utilizarla como materia prima para el suministro de una instalación de agua. Para ello veremos el proceso requerido para que cumpla su función.

El agua de entrada al first-flush corresponde únicamente al primer litro por metro cuadrado de lluvia, correspondiente a un nivel de un milímetro. La calidad de estas primeras gotas de agua es la más contaminada ya que se encarga de disolver la mayor concentración de gases de la atmósfera, al igual que arrastra el mayor número de partículas acumuladas en la cubierta.

- Introducción

El first-flush consiste en un pequeño depósito en forma de embudo con un volumen (en litros) del mismo valor numérico a los metros cuadrados de superficie de la cubierta; consiguiendo recolectar los primeros litros por metro cuadrado dichos con anterioridad. Una vez el agua haya rellenado el depósito first-flush, el agua se dirigirá hacia el sistema general, iniciándose en el depósito de agua pluvial. Por lo tanto, el first-flush simplemente es un tanque intermedio que retiene una parte del agua pluvial recogida.

- Funcionamiento del first-flush

Su funcionamiento es muy mecánico, desde el primer momento que el agua de lluvia es recolectada, esta se dirige hacia el first-flush rellenándolo. Dentro del first-flush encontramos una esfera de menor densidad que el agua, flotando. A medida que el depósito se va rellenando, la esfera va ascendiendo hasta llegar a un punto en que no puede ascender más debido a la forma en forma de embudo del depósito, quedando encallada e impidiendo la entrada de agua. El agua pluvial tenderá a seguir el recorrido que se le permite dirigiéndose hacia el siguiente depósito.

Una vez deje de precipitar, el usuario evacuará el agua acumulada en el first-flush accionando una llave de paso situada en la parte inferior del first-flush. Es recomendable que esta agua se destine al riego del jardín.

Además de este proceso de tratamiento del agua, optimizaríamos el riego mediante una estación meteorológica que nos informará del estado del césped para conocer si debemos regar o no.

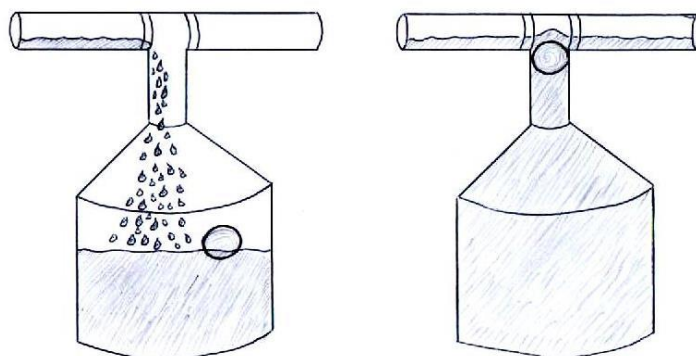


Ilustración 10. Depósito first-flush.

4.3.2. Filtro de carbón activo

- Calidad del agua de entrada

Es usual oír hablar acerca de la reutilización del agua pluvial gracias a su alta calidad. Sin embargo, es únicamente y directamente fiable para aplicaciones no-potables. Los factores que le dan la característica como agua no bebible vienen determinadas por su escasez en sales, por su acidez y por su contaminación microbiana. Su acidez, levemente inferior a la del agua potable, viene determinada por el dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera, siendo disuelto por el agua en su recorrido y formando un ácido carbónico débil. El pH pasa a tener un valor próximo a 5,5 en condiciones normales (Generalitat de Catalunya), mientras que el del agua potable se encuentra en un intervalo de 6.5 hasta 8.5 (Fuente: ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial). La contaminación microbiana proviene de restos del tejado, como material fecal proveniente de los pájaros y otros restos orgánicos acumulados en la superficie de la cubierta.

- Introducción

El filtro de carbón activo se basa en la adsorción, proceso por el cual los átomos en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos. El filtro está compuesto por materia carbonizada la cual puede ser de origen vegetal o mineral, se le llama activa porque la materia tiene propiedades que le hacen tener una gran capacidad para adsorber ciertas sustancias. Fuerza de atracción conocida como “fuerza de Van Der Waals”.

Su característica de adsorción es proporcional a su superficie, ya que por más superficie, más capacidad de atracción de compuestos. Esta superficie se ve incrementada por la alta porosidad del material, denominada superficie interna, alcanzando áreas entre 500 y 1500m²/g. (Cornell Cooperative Extension, 1995)

La función principal de este filtro es eliminar esas partículas disueltas durante la precipitación y los restos de la cubierta arrastrados por el agua de lluvia. Las moléculas de estos compuestos causan olor color y sabor no deseables para el usuario, de manera que serán atraídas por el filtro.

Existen diversas variedades de filtros de carbón activo, entre otras variables, está la dimensión del poro, el cual clasifica las dimensiones de las moléculas a interceptar. En el caso de la potabilización partiendo de agua pluvial, la intercepción será restrictiva, no porque el agua pluvial sea muy contaminante, sino porque el objetivo de cara al consumidor es cubrir en salubridad. La dimensión del diámetro de los poros oscila desde de 2nm, atrapando pequeñas moléculas de compuestos más volátiles que el agua, hasta mayores de 25nm encargados de retener las moléculas orgánicas descompuestas. (Fuente: Cornell Cooperative Extension, 1995)

Este filtro también podrá hacer variar el pH del agua incorporando carbonos activos más básicos o más ácidos. Los primeros tenderán a atraer compuestos más ácidos, mientras que los segundos los más básicos.

- Funcionamiento del filtro de carbón activo

Su funcionamiento es muy simple, el agua ha de fluir por el filtro de carbón activo, de manera que los agentes contaminantes se van acumulando en los poros, tanto sea por su dimensión o por su capacidad de adsorción.

Por lo tanto deberemos dimensionar el diámetro del poro según las dimensiones de las moléculas a interceptar. Dimensionaremos el volumen del filtro dependiendo del caudal de entrada de agua y del tiempo de renovación deseado.

Para el mantenimiento, se calculará el volumen de agua que podrá filtrar por cada carga, momento en el cual el filtro quedará saturado. La extracción se hará por la parte inferior del filtro al mismo tiempo que se irá rellenando por la parte superior. Se tendrá que prestar atención a los desechos ya que será el residuo acumulado.

Para calcular el volumen del filtro de carbón activo, nos basaremos en filtros ya existentes, ajustándolos a nuestro caso teniendo en cuenta el volumen de agua a tratar en el tiempo necesario, la calidad del agua de entrada y la de la salida exigida.

4.3.3. Filtro de dolomita y calcita

- Calidad del agua de entrada

Una vez el agua ya ha traspasado el filtro de carbón activo, pasando a tener una mayor

pureza, falta acabar de potabilizarla. Para ello necesitaremos una aportación de sales, ya que el agua de lluvia es notablemente más blanda. Contiene menos de 1,3 mol/L de Ca^{+} y Mg^{+} , un 50% menos que el agua potable. Además seguirá siendo más ácida, ya que el filtro de carbón activo, en principio, no ha hecho más que retirarnos parte de la contaminación microbiana y los restos presentes de materia orgánica. (Remedios González Luque, 2006)

- Introducción del filtro de dolomita y calcita

Para introducir las sales necesarias y conseguir un pH neutro haremos circular el agua por un filtro de áridos de dolomita y calcita. Este filtro aportará las sales necesarias del ión de magnesio y del de calcio, además en el equilibrio se dará bicarbonato, tal y como indica la reacción de equilibrio. (Beatriz Corzo, 2012)

Calcita: **$\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^{+} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$**

Dolomita: **$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \longleftrightarrow 4\text{CO}_3\text{H}^{-} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \longleftrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$**

El árido formado por dos compuestos y en contacto con el agua, necesitará la aportación de CO_2 , el cual ya se encuentra disuelto en el agua gracias a la contaminación atmosférica dando acidez, juntamente con los excrementos de aves, aunque tendremos que analizar su concentración, para ello, analizaremos el pH del agua. Como anteriormente se ha explicado, la acidez proveniente del agua viene determinada por la cantidad de dióxido de carbono disuelto.

- Funcionamiento del filtro dolomita y calcita

Antes de calcular el volumen necesario del lecho, su rendimiento y sus factores, necesitamos saber qué calidad de agua queremos obtener. Los valores de calidad se basarán en concentraciones de Magnesio, de Calcio y de Bicarbonato con un pH determinado. Las concentraciones de estas sales son variables entre unos baremos. Necesitaremos una concentración de calcio próximo a 30 mg/l, de 10 para el magnesio y de 120 para el bicarbonato. (Administración de las obras sanitarias del estado, 2006). Sabiendo las proporciones entre unas sales y otras, podremos calcular que proporción de dolomita y calcita necesitaremos con la finalidad de aportar la cantidad de sales minerales

deseadas. Optimización del consumo de agua doméstico mediante sistemas de reutilización y tratamiento

Antes de introducirnos en el proceso, es importante saber la cantidad de CO₂ existente, considerando que el agua de lluvia tiene un pH de 5.5. Para conocer la medida de acidez, tendremos que conocer el proceso de equilibrio dado. Es importante recordar que el pH viene dado por la disolución de CO₂ del aire.

A partir de la concentración de dióxido de carbono, sabremos si será necesario partir de un pH más ácido para que se dé el equilibrio en las condiciones deseadas.

Otro factor importante es la velocidad de paso del agua a través del filtro, es decir el tiempo de contacto entre el agua y los áridos existentes. Podríamos determinar una velocidad de paso continua y por lo tanto definir un tiempo de contacto de disolución dando una mineralización determinada, siempre dependiendo de la longitud del lecho, y siendo el diámetro del lecho encargado de determinar el caudal. Sin embargo resulta más efectivo trabajar según tiempos de retención, de manera que el agua a potabilizar quede retenida en el lecho durante el tiempo necesario para su mineralización, mientras que el volumen del lecho se definirá según las necesidades de abastecimiento.

4.4. Tratamiento 2 – proceso de limpieza

4.4.1. Trampa de grasas

- Calidad del agua de entrada

Hoy en día, todavía es inaudito reutilizar el agua gris dándole un segundo uso en contacto directo con el ser humano. Tanto las entidades del sistema de protección y control de calidad del agua para el consumo humano, como la percepción de suciedad del agua por parte del consumidor dificultan el proceso de adaptación de tratamiento de agua para ser reutilizada.

Por otro lado, el agua gris abarca distintos tipos de calidad según el uso empleado, dividiéndose en aguas grises ligeras y concentradas. Entendemos por aguas grises ligeras,

aquellas que están menos contaminadas, provenientes de la ducha y lavamanos; mientras que las concentradas serán aquellas que están más contaminadas, siendo más grasientas, con mayor proporción de jabón y/o detergente y más concentración de materia orgánica; como por ejemplo provenientes de la lavadora y del lavaplatos.

En este proyecto, adaptándonos al usuario, se diferenciará el tratamiento entre aguas ligeras tratadas para ser reutilizadas en contacto directo con el usuario, mientras que las concentradas serán mezcladas junto a las aguas negras, tratadas mediante otra metodología y reutilizadas de forma desligada directamente al usufructuario.

La calidad de las aguas grises ligeras viene especialmente determinada por el jabón natural, compuesto por grasas vegetales, grasas que podamos desprender, pequeñas partículas de materia orgánica y bacterias. Es importante el uso de jabón natural para su posterior descomposición biodegradable. También hay que destacar el ajuste del dimensionado del depósito acumulador de agua tratada, evitando almacenar el agua durante largos periodos de tiempo y así dificultar el crecimiento y desarrollo de coliformes.

Los compuestos no disueltos en agua con densidad claramente distinta, especialmente las grasas acumuladas en la parte superior, entorpecen cualquier tipo de tratamiento físico o químico interfiriendo cualquier tipo de intercambio de gases entre el agua y la atmosfera, por lo que deben eliminarse previamente a otro tratamiento.

- Funcionamiento de la trampa de grasas

La trampa de grasas es un depósito de una geometría determinada y una situación estratégica de tuberías de entrada y salida de agua. Su objetivo es separar el agua acumulando las grasas en la parte superior de la trampa por diferencia de densidad y conduciendo el agua de la zona inferior, dando continuidad al proceso general del tratamiento.

Las dimensiones de la trampa dependen del volumen de agua a tratar; de todas formas esta tiene sus limitaciones para dar eficacia al funcionamiento. Ha de tener una relación de largo/ancho igual a 2, con una altura comprendida entre 0,3 y 0,9 metros (Patricia Jamilette Kestler Rojas, 2004). A partir de estas condiciones, se dimensionará la trampa según las necesidades exigidas.

La trampa de grasas al igual que el resto de los tratamientos, requiere un mantenimiento constante. Para su correcto funcionamiento es de vital importancia mantener los niveles de grasa bajos, evitando taponar el sistema de desagüe y dirigiendo manualmente las grasas acumuladas al humedal artificial (tercer tratamiento de la instalación). Como aportación complementaria habrá bacterias encargadas de alimentarse de los restos de grasas y sedimentos, inhibiendo la acumulación de los mismos y manteniendo el sistema con una cantidad de sedimento bajo. Así se evitará que la trampa de grasa sea taponada o contenga mal olor.

4.4.2. Filtro de cartucho de polipropileno

- Calidad del agua de entrada

Una vez el agua ha circulado por la trampa de grasas, deshaciéndose de las grasas y otras partículas de menor y mayor densidad que el fluido a tratar, necesitaremos filtrarla con el ideal de conseguir una calidad apropiada para su uso en la lavadora, el lavaplatos, el inodoro y otros servicios de requerimiento similar o inferior. Para ello necesitaremos deshacernos de impurezas, arenas, suciedad y sedimentos distribuidos en el agua. No únicamente debe verse limpia a ojo humano, capaz de ver partículas de hasta 50µm (Steven D. Kochevar, 2006), aportando esa confianza necesaria al usuario; sino debe estar incluso libre de partículas coloras y percibibles por el olfato asegurando su buena funcionalidad.

A continuación se muestra una tabla con las dimensiones de distintas partículas que deberemos tener en cuenta para el tratamiento del agua.

Contenido de partículas Tamaño de partículas (en micrones)

Contenido de partículas	Tamaño de partículas (en micrones)
Cabello	50 – 150 μm
Visible	50 μm
Virus de la influenza	0.07 μm
Polen	7 – 100 μm
Partículas de estornudo	10 – 300 μm
Polvo	0.1 – 100 μm
Bacterias	1.0 – 10 μm

Tabla 2. Tamaño de partículas.

Fuente: Guía básica a la tecnología de las partículas, Steven D. Kochevar, enero 2006

- Introducción

Para el tratamiento del agua proveniente de un uso anterior y proyectado para un uso posterior, deberemos conseguir un agua libre de partículas nocivas para la función a llevar a cabo. Con este objetivo, deberemos utilizar un filtro que retenga esas partículas capaces de dañar al consumidor y a la instalación. En el caso que el filtro sea insuficiente, podremos incorporar algún aditivo que descomponga dichas impurezas.

Enfocando en el tipo de partículas que nos encontraremos, dispondremos de un filtro de cartucho de polipropileno proyectado capaz de retener todas aquellas partículas muertas, mientras que parte de las partículas como las bacterias y los virus podrán traspasar. Para evitar que estos seres vivos dejen dar utilidad al agua, se añadirá hipoclorito de cloro, eliminándolos; de todos modos el uso posterior del jabón colaborará en la desinfección del agua.

- Funcionamiento del filtro de cartucho de polipropileno

El funcionamiento del cartucho de polipropileno proyectado consiste en hacer circular el fluido por el interior del filtro fluyendo a través del medio del cartucho filtrante, dejando retenidos los contaminantes de tamaño mayor a los del poro del filtro. La presión de entrada será la proveniente de la red de saneamiento.

La durabilidad y el mantenimiento son conceptos estrechamente relacionados debido a su reutilización. Estos cartuchos se limpian haciendo circular agua en sentido opuesto al habitual desprendiendo las impurezas interceptadas. De manera que, mediante ensayos podríamos determinar los litros de agua a los que es capaz de filtrar hasta su agotamiento, momento en el cual tendrá que ser limpiado. Para facilitar dicho proceso, incorporaremos un manómetro encargado diferenciar la presión de entrada y la de la salida del filtro y por lo tanto indicando la obstrucción del filtro.

Una vez el agua haya sido filtrada, se dirigirá a un depósito acumulador, donde se retendrá para su posterior uso. Es ahí donde incorporaremos hipoclorito de sodio para asegurarnos del buen estado del agua para ser utilizada nuevamente. Es importante controlar la concentración de cloro, asegurando que no afectará al siguiente proceso de tratamiento. Para ello dispondremos de un sensor redox, el cual será el encargado de determinar la aportación de cloro con exactitud.

4.5. Tratamiento 3 – proceso de depuración

4.5.1. Humedal artificial

- Calidad del agua de entrada

Reutilizar el agua residual es posible aun teniendo en cuenta sus propiedades físicas, sus componentes químicos, biológicos y microorganismos patógenos de origen fecal, los cuales limitan sus posibilidades de usufructo. Se restringirá la calidad definida por la aportación de agua más dañada, proveniente de los inodoros.

La calidad del agua vendrá principalmente definida por materia en suspensión, seres patógenos y elementos nutritivos. La materia en suspensión incluye materia orgánica, siendo biodegradable y requiriendo demanda química y bioquímica de oxígeno para su descomposición y consecuentemente desarrollando condiciones aerobias y anaerobias en el caso del agotamiento de oxígeno. En los seres patógenos encontramos organismos indicadores, coliformes totales y fecales presentes, tal como bacterias, virus y parásitos, los cuales pueden llegar a producir enfermedades transmisibles en el caso de pérdida del control.

Parte de la materia en suspensión proviene de las grasas de los jabones de lavado. Una

parte importante del proceso de lavado son los detergentes, utilizados en procesos de limpieza. Los detergentes son aquellas sustancias o mezcla que contienen jabón y otros tensioactivos. Estos últimos constan de grupos hidrófilos e hidrófobos cuyas características y tamaños permiten la disminución de la tensión superficial. La tensión superficial es una fuerza interna del producto que hace que los líquidos se recojan en sí mismos. Todos los productos tienen tensión superficial. Si disminuimos la tensión superficial del agua mediante tensioactivos, conseguiremos humectar mejor (Bardahal, 2012), dejando lugar a la actuación del jabón sobre la suciedad.

En el mismo sentido, la Norma EN-ISO 862 define “detergencia como el proceso por el cual las suciedades se separan de sus sustrato, pasando al estado de disolución o dispersión” Visto el proceso de los detergentes, estos siguen actuando aun habiendo cumplido su función de lavado, actuando en el ambiente donde se encuentre. Esta acción produce un problema para el proceso posterior de tratamiento, impidiendo procesos biológicos que se dan a cabo para la depuración del agua. Consecuentemente interesa el consumo de detergentes ecológicos, a partir de materias primas vegetales dando lugar a compuestos biodegradables, concretamente el uso de grasas vegetales y azúcares. Su función al igual que la de los detergentes convencionales de hoy en día, es disolver las grasas y materia orgánica asentadas en diferentes tipos de superficies, pero además los biodegradables, a diferencia de los no-biodegradables, tienen la capacidad de descomponerse por sí mismos, evitando así la perpetuidad de la acción contaminante, factor muy importante en el momento de depurar el agua para devolverla de nuevo a su ciclo natural.

Respecto los elementos nutritivos a destacar, hay nitrógeno y fósforo, siendo dañinas en el ambiente en concentraciones tan altas como en las aguas residuales.

La calidad del agua para riego debe de ser controlada, ya que afecta a corto plazo en la producción y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo. Es por esto que serán importantes aquellos elementos que afectan al crecimiento de las plantas o a las propiedades del suelo. Por lo tanto el principal parámetro de calidad es el contenido de sustancias inorgánicas o minerales disueltas, que además, no experimentan variaciones importantes en los procesos de tratamiento de agua residual.

- Introducción

El humedal artificial es una zona de la superficie adaptada y limitada por tanques, temporal o permanentemente inundados, regulada por factores climáticos y en constante correlación con seres vivos. En este tipo de ecosistemas se desarrollan determinados procesos físicos y químicos capaces de depurar el agua eliminando materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno y fósforo. El agua tratada cumple las condiciones adecuadas para ser vertida de nuevo al mar e incluso para darle un tercer uso como es el riego.

La depuración de los filtros vegetales resulta de la actividad bacteriana fijada en el sustrato granular juntamente con la colaboración de plantas acuáticas. La actividad bacteriana consiste en el consumo de la materia orgánica existente, para su supervivencia donde también es necesaria la aportación de oxígeno. El sustrato granular tiene triple función, se encarga de filtrar el agua, de crear huecos facilitando la aportación de oxígeno al sistema, y en tercer lugar da lugar al crecimiento de las plantas. El papel de las plantas acuáticas es predominantemente mecánico, proporcionando sombra en verano, aislando de las bajas temperaturas en invierno y facilitando la filtración producida por el movimiento de los tallos y el crecimiento continuo de los rizomas. Además la vegetación aporta una cierta cantidad de oxígeno y de ácidos orgánicos en la zona de las raíces, favoreciendo el desarrollo de las bacterias.

Las aguas residuales nunca aparecen en la superficie, de esta manera se evita malos olores y mosquitos permitiéndose la instalación de viviendas, de donde procede el agua residual, en su proximidad. Además los filtros vegetales tienen la ventaja de no producir lodos, hecho que supone una facilidad, desapareciendo el problema de su gestión y en el vertido.

Existen dos tipos de lechos según la dirección del flujo, hecho que proporciona dos procedimientos distintos y por lo tanto sistemas de depuración distinta y muy complementaria al mismo tiempo.

- Los sistemas de circulación horizontal

El sistema de circulación horizontal consiste en un suelo llano o ligeramente inclinado, con un sustrato compuesto por grava, arena o de elementos cohesionantes. Este sustrato está saturado de agua y contiene numerosas zonas anaerobias. El proceso anaerobio es

producido por organismos que no utilizan oxígeno (O_2) en su metabolismo, el aceptor final de electrones es una molécula orgánica fijándola como biomasa, oxidando los elementos químicos, reduciéndolos. De esta manera pasa de haber: materia orgánica + sustancias oxidadas a biomasa + gases. La única aportación de oxígeno es de las plantas acuáticas, generalmente carrizo. La aportación de estas plantas en el proceso de reducción de sales es insuficiente: la nitrificación es limitada y la fijación de fosfatos depende de la masa filtrante, es por ello que este sistema de circulación sirve de uso para tratamiento secundario o terciario de aguas domésticas residuales. Por lo tanto los encontraremos en sistemas de depuración posteriores al vertical.

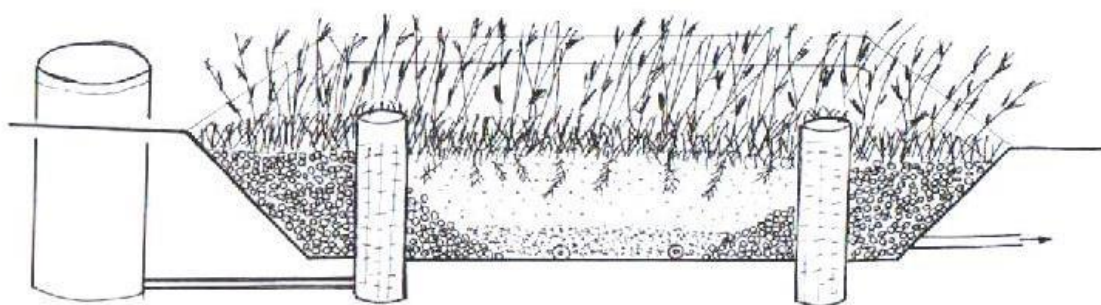


Ilustración 11. Humedal artificial de circulación horizontal

- Los sistemas de circulación vertical

El sistema de circulación vertical utiliza diversos estanques alimentados de forma alterna por rotación o vertidos puntuales. Esta alternancia facilita una mejor oxigenación del medio filtrante formado por gravilla y/o arena. Mediante este método se consigue una mejor oxidación y nitrificación que en los sistemas horizontales, esta mejora se debe al proceso aerobio del ambiente donde se fija la materia orgánica en presencia con oxígeno, pasando a biomasa, anhídrido de carbónico y agua. Este oxígeno aparece gracias a la entrada de aire en el sustrato en el momento que este no es activo por su ciclo alterno. Como desventaja, la alternancia manual de los estanques dificulta su gestión.

El agua se desliza libremente por gravedad en los diferentes estanques, lo cual exige la preparación de una ligera pendiente. Su capacidad de recibir cantidades importantes de materia en suspensión permite utilizar esta técnica en tratamientos primarios.

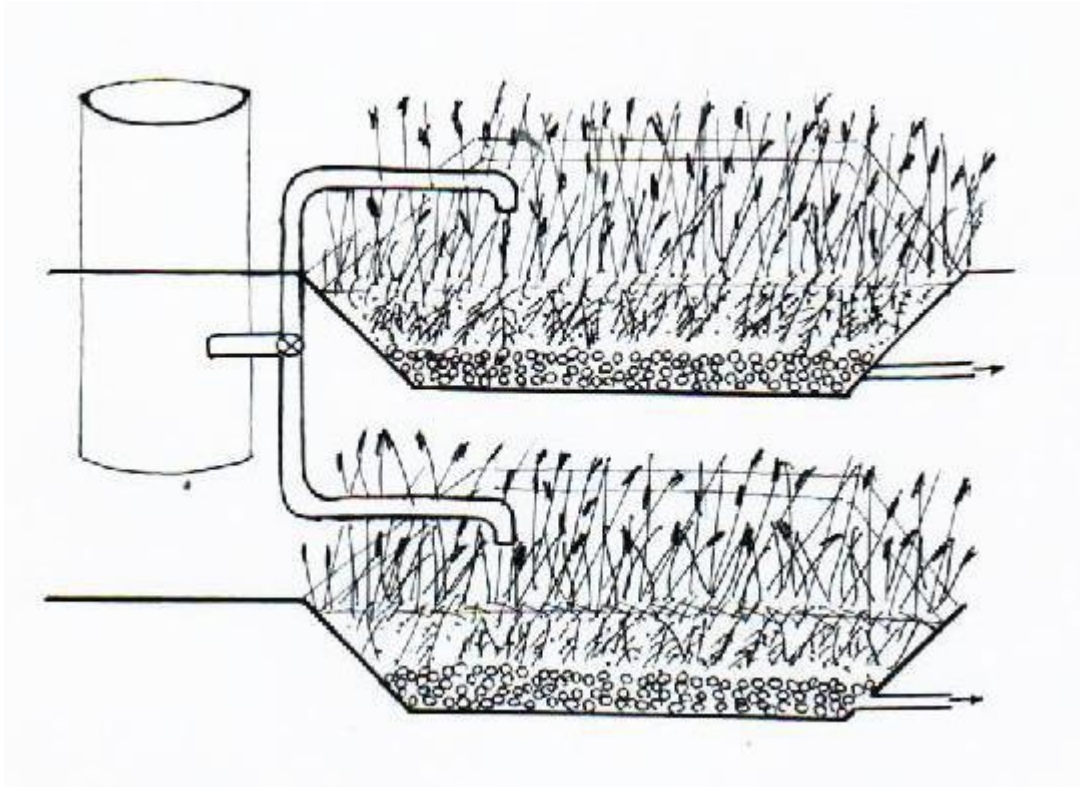


Ilustración 12. Humedal artificial de circulación vertical

Fuente: Waterscape. Using plant system to treat wastewater, Hélène Izembart, Bertrand Le Boudec

Visto que cada sistema tiene sus ventajas y sus inconvenientes, estos dos sistemas mostrados anteriormente, se pueden combinar con la finalidad de llegar a un objetivo concreto. Esta particularidad se denomina sistema mixto.

- Funcionamiento del humedal artificial

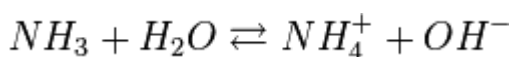
El tratamiento del agua residual mediante humedales artificiales conlleva un funcionamiento complejo, el cual está compuesto por un conjunto de etapas siguiendo un orden fijo. En este proceso diferenciamos dos fases debido a la función que desarrolla cada uno, empezando por el sistema de circulación vertical y seguidamente el horizontal.

Empezando por el sistema de circulación vertical, su primera etapa encargada de retener, gracias al lecho vegetal y a los áridos superiores, los compuestos de mayor tamaño, especialmente materia orgánica acumulada en la superficie superior del humedal. Esta materia tendrá que ir siendo retirada evitando una acumulación excesiva. La materia orgánica no retenida en la zona superior queda en suspensión por filtración a lo largo del

sustrato.

Teniendo retenida la materia orgánica, entra en función la segunda etapa, actuación de los microorganismos residentes en el sustrato, principalmente bacterias. Las bacterias son responsables de la degradación aerobia de la materia orgánica consumiendo al mismo tiempo el oxígeno aportado gracias a la aireación mecánica del lecho y por la aportación de las raíces de las plantas integrantes.

El tratamiento terciario tiene la función de eliminar el nitrógeno y el fósforo. El nitrógeno o proceso del amoníaco (NH_3), integrado como molécula nitrogenada, H_2N enlazada con moléculas de carbonos formando compuestos orgánicos y descomponiéndose en el equilibrio:



En un medio aerobio, aun en el lecho de circulación vertical, el amonio pasa a ser NO_2^- (nitrito), y posteriormente a nitrato (NO_3^-) debido a la continuación del proceso de oxidación, finalizando su proceso en el humedal de circulación vertical. Al pasar al humedal de circulación horizontal, en un medio anaerobio, el nitrato es reducido pasando a N_2 (gas), desprendiéndose hacia la atmósfera y biomasa.

El proceso del fósforo se desarrolla en ambas fases y en diferentes tipos de compuesto. Uno enlazado con una cadena orgánica carbonatada y otro en forma de HPO_4 o PO_4^{2-} como compuesto inorgánico. Son procesos físico-químicos los que juegan el papel principal en su reducción. El compuesto orgánico es retenido por las plantas, mientras que el inorgánico se retiene por los áridos, quedando agua filtrada, libre de fósforo. Consecuentemente el fósforo actúa como factor de caducidad, acumulándose y llegando a estar en exceso tanto en el árido como en la zona vegetal. Por efecto el agua que sigue siendo filtrada, acaba arrastrando fósforo, volviéndose a contaminar y obligando a intervenir en el humedal.

A diferencia de las plantas depuradoras tradicionales, los filtros vegetales artificiales no obtienen lodos, reduciendo y transformándolos en agua, gas carbónico y nutriente.

También hay que destacar el proceso de eliminación de los patógenos a lo largo de ambas fases. Destacamos tres mecanismos, empezando por la adsorción de las partículas del

sustrato, seguidamente influye la toxicidad que sobre los organismos patógenos ejercen los antibióticos producidos por las raíces de las plantas y, en tercer lugar, por la acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

- Dimensiones

Las dimensiones de los estanques del filtro vegetal variaran según la concentración de materia orgánica del agua residual y del volumen diario de entrada. Para casos domésticos hay una concentración de materia orgánica semejante, aproximándose a un área total de humedal de 2m² por persona. La profundidad de los estanques es fija, viene determinada por el tiempo de contacto del agua con el lecho y será diferente para los dos tipos de lechos existentes. Encontramos una profundidad de medio metro para los de circulación vertical y de 70 cm para los de horizontal. Se tendrá que tener en cuenta que el volumen de uno de los estanques de circulación vertical tendrá que tener una capacidad similar que el estanque de circulación horizontal. (Fuente: Hélène Izembart, Bertand Le Boudec, 2008)

4.6. Esquema de principios

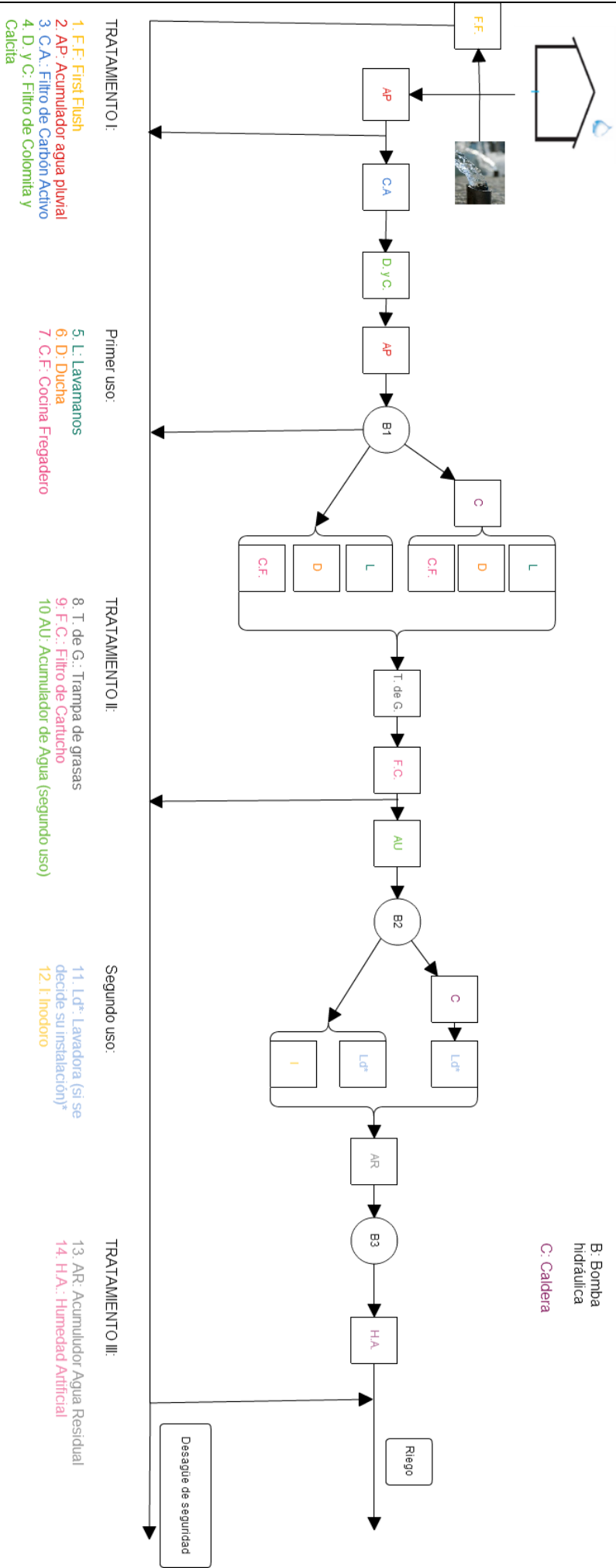
El esquema de principios de la instalación de agua muestra la instalación propuesta de la vivienda. El objetivo de este proceso es reducir el consumo de la red externa de forma notable. Para ello se han introducido los distintos tratamientos introducidos en el capítulo anterior y consecuentemente sus adaptaciones para poder llevar a cabo el proceso. Para decidir la distribución, hemos analizado las necesidades del usuario, es decir, que calidad de agua necesita en cada punto de servicio y su consumo.

El ciclo empieza en la recogida de agua pluvial a través de la cubierta de la vivienda y canalizada a un punto común. El first-flush recogerá el primer milímetro de agua recolectada favoreciendo la calidad del agua final a almacenar y dirigiéndola directamente a riego. Una vez hayan sido recolectadas las primeras gotas, el agua se dirigirá, mediante la acción de una válvula, hacia el primer depósito acumulador de unas dimensiones calculadas (según la pluviometría) almacenando agua y pudiéndola suministrar sin interrupción. En el depósito pluvial se dispondrá de una salida de agua para el caso en el que esté completamente lleno, la cual irá dirigida juntamente con la capturada por el first-flush. Seguidamente el agua se direccionará hacia el tratamiento de potabilización del agua, compuesto por un filtro de carbón activo, encargado de desinfectar, y otro filtro de

dolomita y calcita, aportando las sales necesarias. Inmediatamente, el agua potabilizada se dirige a un pequeño depósito. Además se aportará una cantidad precisa de hipoclorito de sodio consiguiendo una concentración definida para la conservación del agua y su calidad adecuada para ser consumida. En el momento de demanda de agua por el consumidor, se accionará una bomba hidráulica impulsando el agua con una potencia determinada según el punto de consumo más restrictivo. Antes de llegar al punto de consumo, el agua solicitada pasará por la caldera siempre y cuando sea necesario. El procedimiento llevado a cabo hasta este punto sirve para el consumo de agua potable, tal como los lavamanos, duchas de la cabaña y para fregadero de la cocina, útil para el lavado de alimentos y la cocción.

La segunda etapa del ciclo inicia en la recolección del agua utilizada con anterioridad y dirigiéndola a un mismo punto de tratamiento compuesto por dos unidades. Uno es la trampa de grasas, donde se separará el agua de las grasas arrastradas por diferencia de densidad, dirigiendo las grasas hacia el último tratamiento y dejando circular el agua hacia el segundo tratamiento. El segundo tratamiento está compuesto por un filtro de cartucho, consiguiendo una calidad determinada. A continuación el agua se dirige a otro depósito acumulador de un volumen definido según el consumo posterior ya que el agua diaria de entrada al depósito es mayor que la de salida. Al igual que el depósito anterior, este también dispone de un desagüe para el agua sobrante dirigida a riego. Utilizando el mismo sistema que en el primer ciclo, una bomba se encarga de impulsar el agua a los puntos de consumo, calculado según el más restrictivo, y seguidamente, si es necesario, volverá a pasar por la misma caldera para calentar el agua. En el tramo final del segundo ciclo, el agua se dirige al inodoro de la vivienda, otro para la lavadora en caso de disponer de ella.

El tercer ciclo, al igual que el anterior, comienza en la recogida del agua ya utilizada, dirigida hacia un depósito dimensionado según el consumo del ciclo anterior. Seguidamente mediante una bomba hidráulica residual será impulsada hacia el último tratamiento, un humedal artificial, encargado de depurar el agua obteniendo la calidad necesaria para utilizarla como riego. El riego distribuido homogéneamente en la superficie de la zona ajardinada será subterráneo evitando la dispersión de bacterias en el aire.



5. Solución

5.1. Cálculos pluviometría

A partir de los conocimientos previos a cerca de la precipitación y del cálculo del volumen de agua necesario para tener el suficiente abastecimiento de forma ininterrumpida. Dimensionaremos el volumen necesario del depósito de agua pluvial, destinado inicialmente a la potabilización del agua, dando seguimiento al resto del proceso.

En el caso de nuestra vivienda, la cubierta tiene una inclinación del 30%, mayor al 5% mínimo recomendado para la recogida de agua pluvial. El material de acabado en proyecto es de pizarra, a la cual se le da un coeficiente de escurrimiento del 0,95 (Schoklitsch, A. Construcciones hidráulicas). El área de captación de cada cabaña es de 76.84m². Al trabajar por zonas comunes de 5 cabañas tenemos la área de 384.2 m². Conociendo estos datos, sabemos que volumen de agua pluvial es aprovechable para el consumo, siempre y cuando esta sea conducida y reciba el tratamiento adecuado para ello, siendo de 194.383,94 litros anuales. En la Tabla que se adjunta a continuación y teniendo en cuenta la media de los últimos quince años, vemos la cantidad del agua recolectada estratificada por años.

Desafortunadamente no toda el agua recogida la vamos a tratar para ser potable. El primer milímetro de cada precipitación debe ser retirado porque las primeras gotas son las que disuelven una mayor concentración (mg/m³) de gases contaminantes y además son estos lo que arrastran la suciedad acumulada en la cubierta. Esta vía de escape, conocida como first-flush, se lleva un porcentaje del 13,80% de la precipitación total.

Antes de empezar a calcular el volumen del depósito acumulador, deberemos comprobar si el agua capturada es suficiente para abastecer los puntos de consumo de agua potable, para ello calcularemos su consumo anual compuesto por los veinte integrantes (cuatro por cabaña) comparándolo con el volumen de entrada anual.

	entrada (l/m2)	entrada (l/m2)	útil	entrada total (l)	First- flush	Salida flush (l)	Entrada agua pluvial (l)
2014	731,7	695,115		267063,183	13,80%	36854,7193	267063,183
2013	614,1	583,395		224140,359	13,80%	30931,3695	224140,359
2012	456,6	433,77		166654,434	13,80%	22998,3119	166654,434
2011	442,9	420,755		161654,071	13,80%	22308,2618	161654,071
2010	657,9	625,005		240126,921	13,80%	33137,5151	240126,921
2009	625,2	593,94		228191,748	13,80%	31490,4612	228191,748
2008	647,7	615,315		236404,023	13,80%	32623,7552	236404,023
2007	416,7	395,865		152091,333	13,80%	20988,604	152091,333
2006	384,8	365,56		140448,152	13,80%	19381,845	140448,152
2005	439,6	417,62		160449,604	13,80%	22142,0454	160449,604
2004	395,4	375,63		144317,046	13,80%	19915,7523	144317,046
2003	530,4	503,88		193590,696	13,80%	26715,516	193590,696
2002	710,2	674,69		259215,898	13,80%	35771,7939	259215,898
2001	433	411,35		158040,67	13,80%	21809,6125	158040,67
2000	502,4	477,28		183370,976	13,80%	25305,1947	183370,976
	532,573333	505,944667		194383,941	0,138	26824,9838	194383,941

Tabla 3. Cálculos pluviometría.

5.2. Volumen depósito acumulador pluvial

- Litros anuales útiles (promedio): 194.383,94 l
- Litros consumo anual (20 personas): 523.994 l

A pesar de que los litros anuales útiles solo suponen un 40% del gasto anual, es decir, relativamente poco para la magnitud de la instalación, se tiene que entender antes el sistema de organización que llevará el complejo; los turistas se distribuirán por orden de

entrada situándose en diferentes núcleos, con esto conseguimos repartir el gasto por

diferentes zonas y así poder maximizar el beneficio de estas instalaciones. Entonces si por ejemplo se tienen 40 turistas, un aforo intermedio del complejo, se distribuirían en dos cabañas por cada núcleo. El gasto entonces solo sería de $523.994 \cdot 8/20 = 209.597$ l. Así pues se estaría abasteciendo prácticamente la totalidad del gasto de agua solo con agua pluvial, y cada uno de los cinco núcleos trabajaría en paralelo.

Para el cálculo del depósito principal hemos analizado el promedio de pluviosidad de cada mes durante los últimos 15 años (anexo) y se ha establecido como referencia el mes con más índice de pluviosidad:

1. Mayo (2000-2014): 68.1 l/m²
2. Disponemos de 384.2 m² (76.84 m² por cabaña) de superficie: $68.1 \cdot 384.2 = 26164.02$ l = 26,164 m³
3. Depósito de 27 m³

Los 27m³ de capacidad es una dimensión eficiente y suficiente. Interesa que el depósito siga un mantenimiento, por lo tanto convendría hacer coincidir el mantenimiento en el momento en que el depósito se encuentre en niveles bajos, desaprovechando el mínimo volumen de agua posible.

Sin embargo para una mayor calidad y posibilidad de gestión del agua, dividiremos este depósito en dos, uno de grandes dimensiones, anterior al tratamiento, y otro más pequeño posterior al tratamiento. La suma de ambos será equivalente a los 27m³. El primero de 26m³ y el segundo de 1m³. 1m³ acumulado permitirá abastecimiento de agua potable para más de 3 días, tiempo suficiente para realizar tareas de mantenimiento tanto en el depósito pluvial como en los filtros de tratamiento anteriores a él.

	Frecuencia (veces/día)	Consumo actividad (l)	Consumo (l/día*pers)	Consumo (l/día)	Consumo anual
Lavabo	5,82	4	23,28	465.6	169944
Ducha	0,87	50	43,5	870	317550
Cocina	1	5	5	100	36500
TOTAL			71.78	1435.6	523994

Tabla 4. Actividades y consumos de agua por cabaña

5.3. Volumen de depósito para segundo y tercer uso

El depósito destinado a la acumulación de agua para el segundo uso está compuesto por las actividades y sus correspondientes consumos adjuntados en la siguiente Tabla. Teniendo un volumen de entrada fijo regulado por el uso anterior. De esta manera, será suficiente con que el volumen de entrada sea superior al de salida, es decir el agua potable utilizada y evacuada ha de tener un mayor volumen que el necesario para el segundo uso.

Al tener ambas actividades un funcionamiento regular diario, sería suficiente si el depósito tuviese una capacidad igual a la del segundo consumo, pero para garantizar su abastecimiento sin interrupción, el depósito tendrá al menos el doble de volumen de lo necesario.

Actividades segundo uso	Frecuencia	Consumo (l/día)	Consumo (l/día)
Inodoro	4,55	6	109.2

Tabla 5. Consumo de agua segundo uso.

Por lo tanto:

1. Agua proveniente del primer uso: $1435/20 \cdot 4 = 287$ l/día
2. Consumo de segundo uso (4 personas): 109.2 l/día

Con los datos de las tablas anteriores corroboramos que el consumo de agua potable da servicio necesario para el segundo uso ($287 > 109$), por lo tanto el depósito siempre tenderá a tener un balance positivo. Visto que en el depósito habrá agua sobrante, dispondremos de una válvula de presión que permitirá la conducción de esta agua directamente al riego de la zona ajardinada de la vivienda o al desagüe. Este depósito ya es de dimensiones mucho más reducidas, medidas necesarias ya que se incorpora un depósito por cada una de las cabañas

- Dimensiones: $L/día \text{ (agua necesaria segundo uso)} \cdot 2 = 218.4 \text{ L} = 0.218 \text{ m}^3$

Doblando el volumen, tendremos agua suficiente para el segundo uso sin necesidad de interrupción del abastecimiento.

Para dimensionar el depósito necesario para el tercer uso, seguiremos el mismo proceso que en el anterior ya que cumple las mismas características. Calcularemos el volumen de

agua evacuada del segundo uso y la destinaremos al depósito acumulador.

El volumen de agua de salida destinada para riego tendrá que pasar previamente por el humedal artificial para ser tratada y poder reutilizarse. Para dimensionar el depósito tendremos que tener en cuenta que el humedal artificial sea capaz de filtrar al menos los 172L a lo largo del día de forma continua. De esta manera dimensionaremos el depósito de acuerdo con el consumo de un día. De todas formas doblaremos las dimensiones necesarias del depósito previniendo el caso que tengamos que hacer mantenimiento en el humedal.

Volumen depósito segundo uso: 0,5 m³

Volumen depósito tercer uso: 0,3 m³

5.4. Bombas hidráulicas

Las bombas de presión o bombas hidráulicas, serán seleccionadas según el trabajo que se les otorgue. Para la selección de la bomba hidráulica será necesario usar las curvas características facilitadas por los fabricantes. Estas curvas dan una relación entre la altura que puede superar una bomba por un caudal determinado.

El caudal necesario corresponde al caudal de salida de agua en los puntos de servicios, teniendo en cuenta la simultaneidad de uso entre varios puntos de servicio, es decir, no limitaremos la potencia de la bomba hidráulica según el caudal necesario para un único punto de servicio, sino que se calculará teniendo en cuenta el máximo número de puntos de servicio en funcionamiento.

La altura a tener en cuenta será la mayor, existente entre el nivel de la bomba hasta el del punto de servicio más alto.

Gracias a los gráficos facilitados en los catálogos de las bombas hidráulicas, podemos seleccionar la más ajustada a nuestras necesidades. Para su elección, se ha de determinar el punto de coincidencia entre nuestra altura máxima y nuestro caudal máximo.

Seguidamente se ha de escoger una curva característica H-Q inferior a este punto pero aproximándose lo máximo posible.

En nuestro caso: viviendas dotadas de cocina, lavadero y un cuarto de baño completo. Caudal aproximado 3.600 l/h.

La altura manométrica se calcula de la siguiente forma: Altura geométrica + las pérdidas de carga ($HM = HG + \text{pérdida de carga}$)

La altura geométrica (HG) se expresa normalmente en metros y se calcula: Altura de aspiración (H_a)+Altura de impulsión (H_i) ($HG = H_a + H_i$)

Las pérdidas de carga son las pérdidas en altura de agua por el rozamiento con la tubería. Estas pérdidas aumentan con la rugosidad, la longitud de la tubería y el caudal que pasa por ella. Por el contrario, las pérdidas disminuyen si se reduce la rugosidad de la tubería o se aumenta su diámetro.

Se ha analizado el cálculo de la bomba para los núcleos de 5 cabañas (el caso más desfavorable). Los datos generales que se tienen son los siguientes:

- Altura geométrica (Altura aspiración + Altura de impulsión): 11 m
- Recorrido total de la tubería: 25 m
- Diámetro interior de la tubería: 38 mm

Características de la aspiración:

- Altura de aspiración: 3 m
- Longitud de la tubería: 5 m
- Número de válvulas de pie: 1
- Número de codos de 90°: 1

Características de la impulsión:

- Altura de impulsión: 8 m
- Longitud de la tubería: 20 m
- N° de válvulas retención: 2

- N° de codos de 90°: 2

Operaciones para el cálculo de la instalación:

- Pérdidas de Carga en la aspiración: 2.79
- Longitud de la tubería: 5 m
- Pérdidas singulares: 10 m (válvula de pie) + 5 m (Codo de 90°)
- Longitud equivalente de la tubería: 20 m

Con este valor se puede obtener la pérdida en metros columna de agua (m.c.a.) a través de la tabla de pérdidas de carga. Es decir, 3.600 l/h en una tubería de 38 mm de diámetro, corresponde a 2,79.

- Pérdidas de carga en la impulsión: 0.99
- Longitud de la tubería: 20 m
- Pérdidas singulares: 10 m (válvula de compuerta) + 10 m (válvula de retención) + 10 m (2 codos de 90°).
- Longitud equivalente de la tubería: 50 m

Se procede igual que en el punto anterior y obtenemos: $4,3 \times 65/100 = 2,79$ m.c.a.

Resultado del cálculo:

Altura manométrica total = Altura de aspiración+Altura de impulsión+Pérdidas de carga en impulsión+pérdidas de carga en la aspiración ($3+8+0,99+2,79 = 14,78$ m.c.a.)

En consecuencia, se debe seleccionar una bomba que eleve 3600 l/h a una altura de 14,78 m.c.a.

Una vez se tiene la altura manométrica y la cantidad de litros que la bomba debe poder mover, se selecciona el modelo adecuado con la ayuda de las tablas que todos los fabricantes incluyen en sus catálogos.

6. Normativa

6.1. Normativa sobre gestión sostenible del agua

6.1.1. Marco europeo:

Entre las normas aprobadas en este sector destaca la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE), la cual establece el concepto de planificación hidrológica, instrumento fundamental para la gestión sostenible del agua, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de este recurso, proteger su calidad adecuándola a los usos, economizar su empleo y racionalizar sus usos en armonía con el medio ambiente. Además, establece la necesidad de fijar precios adecuados, de forma que permitan la recuperación de todos los costes de los servicios asociados al agua.

6.1.2. Marco estatal:

A nivel estatal, el texto refundido de la Ley de Aguas (Real Decreto Legislativo 1/2001) regula el uso del agua y establece las normas básicas de protección de las aguas continentales, costeras y de transición. Además, esta Ley establece como competencia estatal la planificación hidrológica, a la que deberá someterse toda actuación sobre el dominio público hidráulico.

Por otro lado, debido a que a nivel nacional la escasez de agua es cada vez más alarmante, las técnicas de ahorro y reutilización de las aguas depuradas están cobrando especial importancia.

Para dar respuesta a esta situación se ha aprobado el Real Decreto 1620/2007 por el que se desarrolla el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas. Esta norma establece los mecanismos legales que permiten disponer del agua residual depurada como recurso alternativo, incluyendo disposiciones relativas a los usos admitidos y los criterios de calidad mínimos obligatorios exigibles para la utilización de las aguas regeneradas según los usos. Asimismo, establece medidas para impulsar la elaboración de planes de reutilización y uso más eficiente del recurso hídrico.

6.1.3. Marco autonómico:

En Cataluña se han aprobado un número considerable de normas promoviendo un uso racional del agua, entre las que cabe destacar el Decreto 202/1998, de 30 de julio, por el que se establecen medidas de fomento para el ahorro de agua en determinados edificios y viviendas (cuyo ámbito principal de aplicación son los edificios de titularidad de la Generalitat de Cataluña), contemplando medidas relacionadas principalmente con los dispositivos de ahorro de agua en bañeras, duchas, lavabos, etc. Por su parte, el Decreto 21/2006, por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de eco eficiencia en los edificios, incorpora parámetros de ahorro de agua en los edificios.

6.1.4. Ámbito de aplicación

Esta Ordenanza es de aplicación a las siguientes instalaciones, sean de titularidad pública o privada:

- a) Nuevas edificaciones y construcciones, incluyendo las sometidas a rehabilitación y/o reforma integral o cambio de uso de la totalidad o parte del edificio o construcción existente. También se incluyen los edificios independientes que formen parte de instalaciones complejas.
- b) Edificaciones y construcciones existentes de titularidad pública.
- c) Zonas verdes (parques y jardines)
- d) Fuentes, estanques e instalaciones hidráulicas ornamentales.
- e) Piscinas de nueva construcción o sometidas a reforma.
- f) Instalaciones industriales de lavado.

6.1.5. Requisitos formales:

Cuando el consumo de agua sea igual o mayor a 10.000 metros cúbicos anuales, deberán incluir, junto a la solicitud de la licencia de obras y/o licencia de actividad, un Plan de Gestión Sostenible del Agua para su aprobación por parte del órgano municipal con competencia ambiental que contenga:

- Las proyecciones de uso,
- La identificación de posibles áreas para la reducción, reutilización o aprovechamiento de las aguas pluviales,
- Las medidas de eficiencia a aplicar, especificando los objetivos de ahorro,
- El cronograma de actuaciones previsto.

En el caso en que el Plan de Gestión Sostenible del Agua exija su materialización a través de un proyecto de reutilización o aprovechamiento de aguas, dicho proyecto quedará sujeto a la aprobación por el órgano municipal con competencia ambiental.

Estos establecimientos deberán efectuar, con carácter bienal, una auditoría del uso del agua en sus instalaciones realizada por una entidad especializada en ese campo. La auditoría incluirá, en todo caso, las medidas aplicadas para lograr un uso eficiente del agua, así como una evaluación del grado de cumplimiento del Plan de Gestión Sostenible del Agua.

El informe de dicha auditoría deberá ser presentado ante el órgano municipal con competencia ambiental y tendrá una vigencia máxima de cuatro años.

Medidas de ahorro de agua:

- Aprovechamiento del agua de lluvia. Todas las construcciones y edificaciones que cuenten con zonas verdes o comunes a los que sea aplicable esta Ordenanza deberán almacenar, a través de un depósito, las aguas pluviales recogidas en las cubiertas. En particular, se recogerán las aguas pluviales de tejados y terrazas del propio edificio y otras superficies impermeables no transitadas por vehículos ni personas.

Los usos aplicables del agua de lluvia recogida serán: riego de parques y jardines, limpieza de interiores y exteriores, cisternas de inodoros y cualquier otro uso adecuado a sus características.

6.1.6. Diseño y dimensionado de las instalaciones de aprovechamiento de agua de lluvia

El sistema de captación de agua de lluvia tiene que constar de un conjunto de canalizaciones exteriores (canales) de conducción, un sistema de decantación o filtrado de impurezas y un aljibe o depósito de almacenaje. Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

Diseño de la instalación

Debe garantizar que no sea confundida con la del agua potable y la imposibilidad de contaminar su suministro. Por ello, son necesarios sistemas de doble seguridad para no mezclar este agua con la potable o bien la instalación de un sistema de interrupción del flujo.

Todas las bajantes se reunirán en un punto desde donde se conducirán al depósito de almacenamiento. Para garantizar la calidad del agua almacenada se deberá disponer de un sistema de decantación y filtración. El tamaño de la malla del filtro será como máximo de 150 micras.

El depósito tendrá una alimentación independiente desde la red municipal sin que en ningún momento puedan juntarse las aguas de ambos orígenes. Tal alimentación no podrá entrar en contacto con el nivel máximo del depósito, deberán cuidarse las condiciones sanitarias del agua almacenada y el rebosadero conducirá al sistema de evacuación de aguas pluviales.

Sistemas de ahorro en zonas verdes. Todas las zonas verdes a las que sea aplicable esta Ordenanza tendrán en cuenta las siguientes disposiciones:

El diseño de nuevas zonas verdes que ocupen 1.000 m² o más tendrá en cuenta los siguientes porcentajes máximos de ocupación: praderas – 15% de la superficie total
arbustos o plantas autóctonas o de bajas necesidades hídricas - 40% total
árboles de bajas necesidades hídricas – 45% total

La limitación del caudal máximo de riego para las zonas verdes de uso público o privado de nueva construcción, así como de las reformadas, se proyectará y ejecutará de modo que las dosis de riego referidas a su superficie total sean las siguientes:

Diaria: inferior a 1,8 l/m².

Anual: inferior a 2.500 m³/ha

6.1.7. Inspección

- En el ejercicio de esta actividad, el órgano municipal competente podrá realizar todas las inspecciones que considere necesarias en las construcciones, edificaciones y demás instalaciones a las que se refiere la presente Ordenanza, para comprobar el cumplimiento de las previsiones de la misma.
- Los titulares de las construcciones y usos aplicables en virtud de esta Ordenanza estarán obligados a facilitar la labor inspectora de los agentes y servicios técnicos municipales, permitiendo el acceso a las instalaciones. No se precisará notificación previa y la empresa designará una persona responsable para atender a los inspectores.
- Una vez comprobada la existencia de anomalías en las instalaciones o en su mantenimiento, el órgano municipal competente dictará las órdenes de ejecución que correspondan para asegurar el cumplimiento de esta Ordenanza, que podrán ir acompañadas de otras medidas de protección de la legalidad urbanística.
- El órgano municipal competente verificará la adecuación de las instalaciones a las normas urbanísticas y valorará la integración arquitectónica, así como los posibles beneficios y perjuicios ambientales.

6.1.8. Características técnicas de los mecanismos ahorradores

- Distancia entre calentadores y grifos: Se establecerá como máximo una distancia de 15 metros entre los calentadores de agua individuales y los grifos.
- Reguladores de presión: Para garantizar una presión adecuada en cada altura o nivel topográfico de entrada del agua a los edificios y construcciones, se instalará un regulador de presión que permita la salida de agua potable con una presión máxima de dos kilogramos y medio por centímetro cuadrado (2,5 kg/cm²) durante todos los meses del año en cada vivienda o en los pisos más altos de los edificios con varias plantas.

- Mecanismos ahorradores
 - Mecanismos para grifos y duchas

Deben instalarse mecanismos que permitan regular o reducir el caudal de agua (como aireadores, economizadores de agua o similares), de manera que para una presión de 2,5 kg/cm² tengan un caudal máximo de ocho litros por minuto (8 l/min) para grifos y de diez litros por minuto (10 l/min) para duchas.

Los grifos de uso público, además de mecanismos reductores de caudal, deben disponer de temporizadores o de cualquier otro mecanismo similar de cierre automático que dosifique el consumo limitando las descargas a un máximo de medio litro (0,5 l) de agua.

- Mecanismos para cisternas de inodoros y urinarios

Las cisternas de los inodoros de edificios de nueva construcción deben tener un volumen de descarga máximo de seis litros (6 l) y permitir detener la descarga o disponer de un doble sistema de descarga (6 litros para descarga completa, y 3 litros para descarga parcial).

Los inodoros de los edificios de uso público de nueva construcción deben disponer de un sistema de descarga presurizada. Previo a la instalación de estos aparatos se debe realizar un estudio de presión de la red. Cada aparato debe disponer de una llave unitaria de corte.

En los edificios de uso público de nueva construcción se instalarán urinarios equipados de fluxores en los servicios masculinos. El sistema de descarga se activará individualmente para cada urinario, quedando prohibida la limpieza conjunta de los urinarios, así como su limpieza automática periódica.

El proyecto se basará en todas las condiciones antes mencionadas así como también en la normativa vigente (POUM Llívia 1986).

7. Control de accesos

7.1. Acceso remoto a las instalaciones de la vivienda mediante NFC.

Después de analizar el mercado y entendiendo que estamos hablando de un proyecto de futuro hemos optado por las cerraduras electrónicas NFC (Near field communication). Esta tecnología de comunicación inalámbrica entre dispositivos vendría de definirse como “Comunicación de campo cercano”. Algunos de los “smartphones” lo incorporan y sirve de elemento indispensable para algunas soluciones de pagos a través de los móviles, un hábito cada vez más extendido y que sirve para comprar de manera sencilla y rápida mediante el aparato que está dentro del bolsillo de la mayoría de ciudadanos.

La tecnología NFC permite, por tanto, realizar interacciones simples y seguras entre dispositivos electrónicos, lo que permite a los consumidores efectuar transacciones sin contacto, acceder al contenido digital, con un solo toque.

Esta tecnología de corto alcance hace uso de la interacción entre campos electromagnéticos de radio en lugar de las transmisiones de radio directas utilizadas por tecnologías como la conexión Bluetooth. El NFC está enfocado a aplicaciones donde se requiere de un contacto físico- o estar cerca- con el fin de mantener la seguridad.

Este sistema trabaja en la banda de los 13,56 MHz, lo que hace que no le aplique ninguna restricción y no requiera ninguna licencia para su uso. Su velocidad, amplia, llega hasta 106, 212, 424 o 848 Kbit/s, en función del entorno en el que opere. Sin embargo, para entrar en funcionamiento y realizar la transferencia se requiere de estar cerca.

Actualmente la mayoría de los hoteles y restaurantes siguen utilizando las cerraduras electrónicas de Banda Magnética basados en funciones tradicionales, los huéspedes tienen que dirigirse al mostrador de recepción y obtener tarjetas magnéticas para acceder a sus habitaciones y se pierde mucho tiempo, mientras que muchas personas están esperando para el check in y el check out.

En los tiempos de Internet móvil, los usuarios son cada vez más dependientes de teléfonos

móviles inteligentes, queremos implementar un sistema de gestión hotelera mediante Apps para teléfonos inteligentes.

De esta manera estamos ofreciendo una solución combinada pues se pueden utilizar indistintamente tarjetas de Proximidad o teléfonos inteligentes para que los clientes abran la puerta por el teléfono móvil después de haber completado el registro online. Ya no necesitara ir a la recepción para obtener una tarjeta de acceso.

Su Cliente y su teléfono móvil Inteligente se convierten en los medios de identificarse para poder abrir la puerta de la habitación y zonas comunes, la aplicación puede enviarse al teléfono móvil después de la reserva del hotel, la aplicación solo es válida para los días contratados.

Esta aplicación da una gran comodidad , ya que ahorra mucho más tiempo. Por supuesto, también es una experiencia muy innovadora , ya sea para los administradores del hotel y los huéspedes que reservan check-in, check-out a través de Internet y mejora la eficiencia de la gestión del hotel.

De esta manera el móvil dará acceso dentro del complejo a:

- Puerta principal
- Zona privada
- Zonas/accesos con permisos individualizados para cada uno de los trabajadores/visitantes.
- Zona garaje



8. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE ARDUINO:

En este apartado se describen los principales elementos que componen una placa Arduino y el entorno de desarrollo en el que se programa el código, es decir la parte hardware y software que actúan sobre Arduino.

8.1. Hardware

Al ser Arduino una plataforma de hardware libre tanto su diseño como su distribución puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin haber adquirido ninguna licencia. Por eso existen varios tipos de placa oficiales, las creadas por la comunidad Arduino o las no oficiales creadas por terceros pero con características similares. En la placa Arduino es donde conectaremos los sensores, actuadores y otros elementos necesarios para comunicarnos con el sistema.

En el proyecto se han utilizado las placas Arduino Leonardo a propósito del responsable del proyecto. El Arduino Leonardo es una placa electrónica basada en el ATmega32u4 (ficha técnica). Cuenta con 20 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 7 se pueden utilizar como salidas PWM y 12 entradas analógicas), como un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión micro USB, un conector de alimentación, un header ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para apoyar el microcontrolador; simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB o el poder con un adaptador de CA o la batería a CC para empezar.

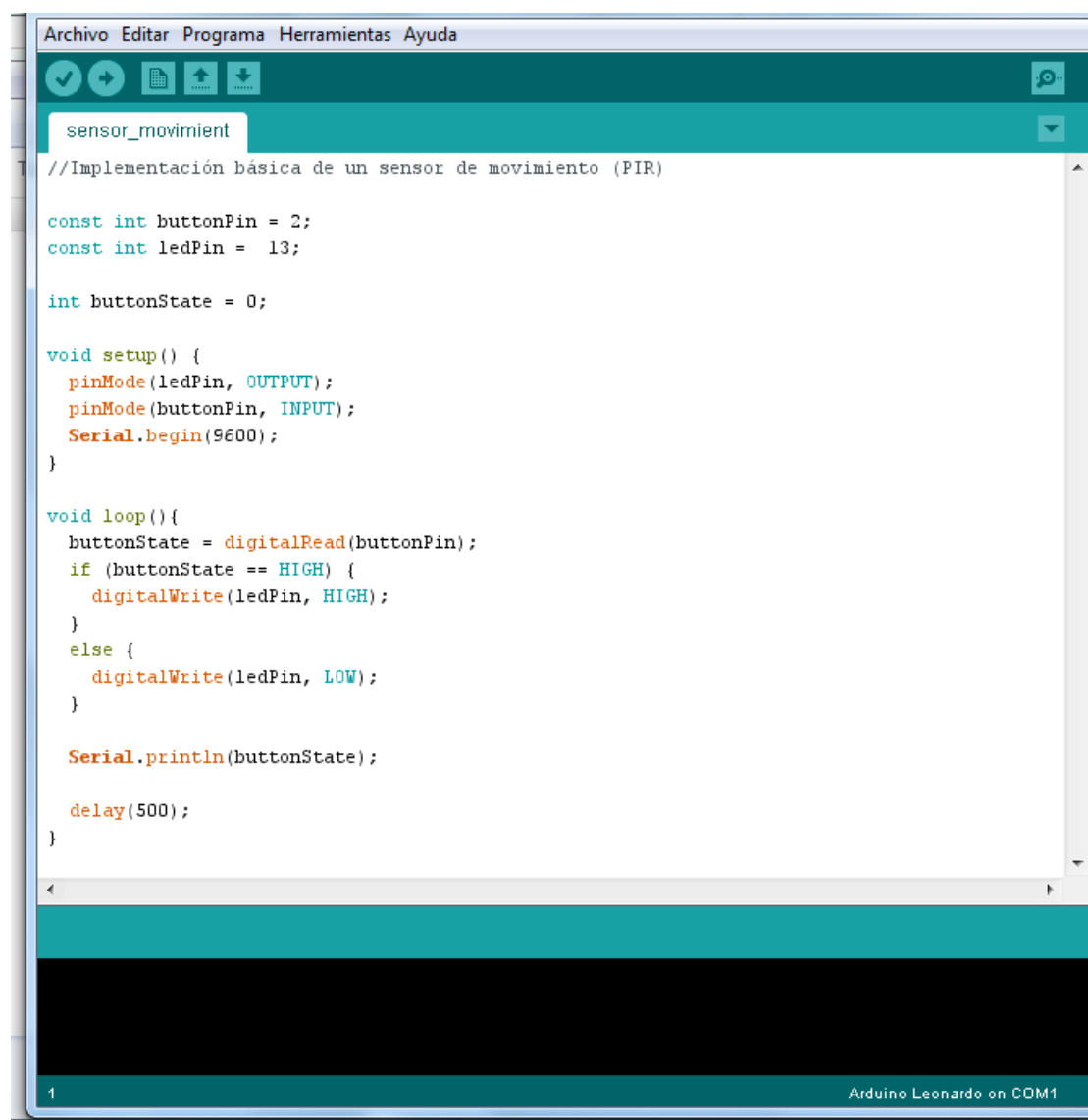
8.2. Software

La plataforma Arduino tiene un lenguaje propio que está basado en C/C++ y por ello soporta las funciones del estándar C y algunas de C++. Sin embargo, es posible utilizar otros lenguajes de programación y aplicaciones populares en Arduino como Java, Processing, Python, Mathematica, Matlab, Perl, Visual Basic, etc. Esto es posible debido a que Arduino se comunica mediante la transmisión de datos en formato serie que es algo que la mayoría de los lenguajes anteriormente citados soportan. Para los que no soportan el formato serie de forma nativa, es posible utilizar software intermediario que traduzca los

mensajes enviados por ambas partes para permitir una comunicación fluida. El entorno de desarrollo de Arduino es sencillo e intuitivo además puede descargarse gratuitamente desde su página oficial para distintos sistemas operativos. Se ha trabajado con la versión 1.6.3.

8.3. Códigos

Se ha aportado el código para cada sensor que se va a usar (anexo), y se ha realizado un testeo para comprobar su validez. Los códigos de los sensores más comerciales se suelen encontrar de manera relativamente fácil por la red, es una de las ventajas de trabajar con una plataforma libre. Existe una gran comunidad de usuarios que comparten sus códigos.



```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

sensor_movimient

//Implementación básica de un sensor de movimiento (PIR)

const int buttonPin = 2;
const int ledPin = 13;

int buttonState = 0;

void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop(){
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  if (buttonState == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
  }
  else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }

  Serial.println(buttonState);

  delay(500);
}

1 Arduino Leonardo on COM1
```

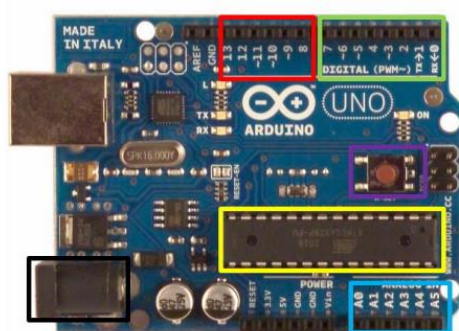

9. DISPOSITIVOS ACOPLABLES A ARDUINO

Para conseguir las características de un sistema de domótica es necesario que además del órgano central que controle el sistema tengamos a disposición sensores que puedan recoger datos sobre la situación de cada habitación de la vivienda. Dependiendo de estos datos el sistema de domótica debe ser capaz de comunicarse con los actuadores para mejorar la situación de la vivienda. También deben existir elementos con los que el usuario pueda comunicarse con el sistema y pueda hacer los cambios oportunos manualmente.

Los dispositivos estarán conectados mediante zigbee. Algunos de ellos disponen de librerías que deberemos adjuntar al programa para poder usar las utilidades que contengan. Para ello añadiremos la carpeta de la librería en la carpeta libraries del entorno de desarrollo de Arduino. Al principio del código del sketch incluiremos la librería con la línea: `#include <nombreLibreria.h>`

Para utilizar los métodos de sensores y actuadores digitales debemos tener en cuenta que solo tenemos dos posibles valores, HIGH representa el nivel alto y LOW el nivel bajo.

En el caso de los analógicos su uso es levemente más complejo pero también más configurable ya que tiene que leerse/escribir un voltaje de 0 a 5 voltios que se representa en 10 bits (lectura) o en 8 bits (escritura), es decir la tensión puede tener 1024 (lectura) o 256 (escritura) valores distintos



- | | |
|------------------|----------------------|
| Microcontrolador | Botón de Reset |
| Port B digital | Port D digital |
| Port C analog | Conector de potencia |

Ilustración 13. Placa arduino.

9.1. Sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en un detector de temperatura resistivo), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Los sensores siempre que estén activados estarán tomando continuamente la situación actual de una habitación y es el servidor o la placa Arduino quien leerá esta información y decidirá cómo actuar. Pueden ser digitales o analógicos. Los digitales tienen que ser inicializados como pin de salida con el método `pinMode (numeroDePin, OUTPUT)`. Para poder obtener una lectura de los datos usaremos el método `digitalRead (numeroDePin)`. Los analógicos no requieren esta fase de inicio y para leer lo haremos con `analogRead (numeroDePin)`. Es recomendable asignar a una variable la lectura recibida por los métodos para evitar tener que llamar a la misma función en caso de necesitarse de nuevo.

Los sensores que sean responsables de la seguridad de la vivienda deberían avisar del evento mediante un actuador (por ejemplo un timbre o LED) o algún elemento de comunicación (como un correo electrónico o un mensaje de texto al móvil). También podría almacenarse el suceso en un fichero del servidor. A continuación se describirán algunos sensores a tener en cuenta en un sistema de domótica.

Para cada módulo se ha hecho un esquema utilizando el programa Fritzing para poder entender las conexiones que existen entre la placa y el sensor y de qué forma éste nos enviará los datos. En el anexo se pueden ver estas conexiones de forma esquemática.

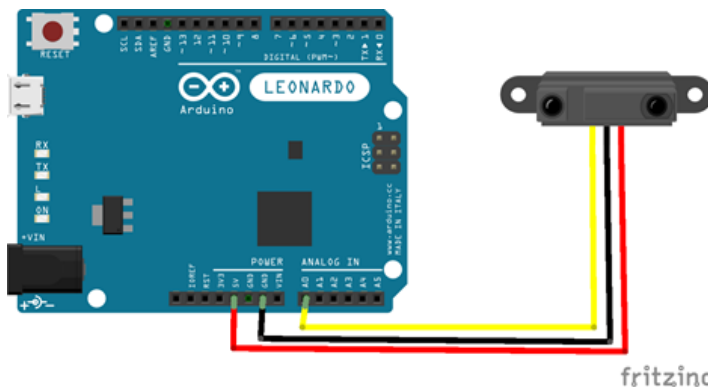
Módulo de gas

El detector de gas hace que la vivienda gane en seguridad si cuando detecta un nivel alto de gas (lectura HIGH) el sistema avisa a la persona. Sería importante que el sistema

podiera desconectar la mayor parte de red eléctrica posible de la vivienda.

Módulo PIR

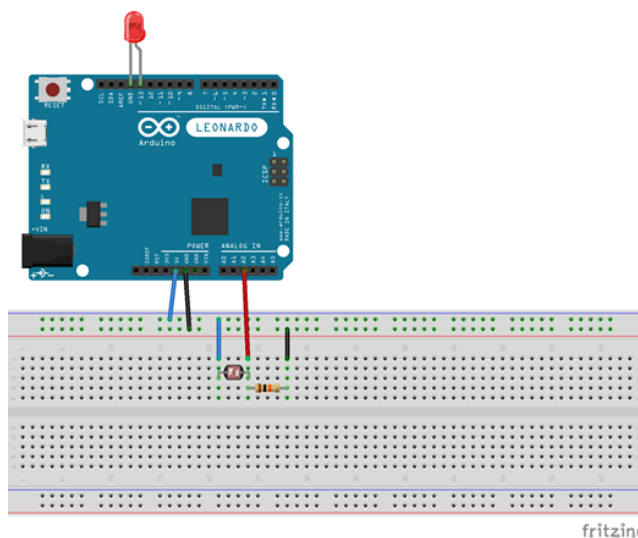
Otro elemento que interviene en la seguridad cuando no hay nadie en casa es un detector de movimiento. En caso de detectar suficiente movimiento se leerá un nivel alto. También se puede utilizar para el confort del ser humano. En caso de detectar movimiento en la habitación encender por ejemplo las luces o la calefacción, dependiendo también de la lectura responsable de los dos casos.



Módulo de luz

Este dispositivo es capaz de detectar el nivel de intensidad de luz que hay en la habitación de forma analógica. El sistema leerá el voltaje y en caso de detectar un nivel bajo de luz podría encender las luces de la habitación siempre y cuando se detecte movimiento.

Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico. Un foto resistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia como el sulfuro de cadmio, CdS. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por las elasticidades del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta, y su hueco asociado, conducen la electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia. Los valores típicos varían entre 1 M Ω , o más, en la oscuridad y 100 Ω con luz brillante.



Módulo de humedad (y temperatura) - DHT11

Algunos dispositivos son capaces de obtener varias mediciones en el mismo módulo. El módulo de la ilustración corresponde a un DHT11 capaz de representar digitalmente la

humedad ambiental medida en % además de la temperatura en C°.

Tiene una precisión decimal y dispone de su propia librería que contiene los métodos para recoger sus mediciones. Este módulo es interesante colocarlo en la zona externa de la casa, como el balcón, la galería o el jardín.

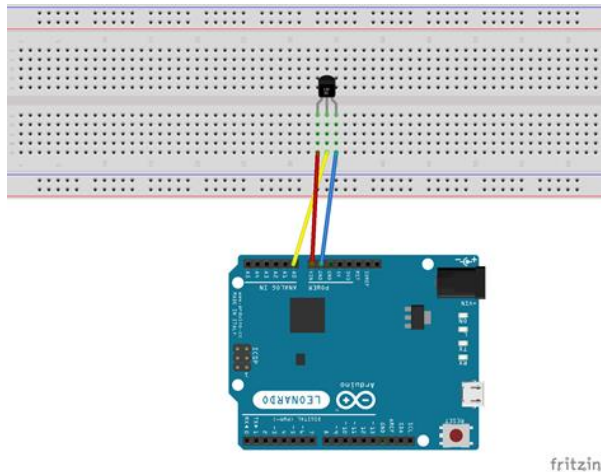
Módulo de temperatura – LM35

En caso de utilizar calefacción o aire acondicionado el sensor de temperatura puede ayudar a reducir el coste de la factura de la luz y acomodar un poco más al ser humano. Cuando se detecte cierto umbral de temperatura podría apagarse/encender o modificar la potencia de la calefacción.

Su funcionamiento se basa en la variación de la resistividad que presenta un semiconductor con la temperatura.

Usaremos el LM-35; es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C. Su rango de medición abarca desde -55°C hasta 150°C. La salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV. Sus características más relevantes son:

- Está calibrado directamente en grados Celsius.
- La tensión de salida es proporcional a la temperatura.
- Tiene una precisión garantizada de 0.5°C a 25°C.
- Baja impedancia de salida.
- Baja corriente de alimentación (60uA).

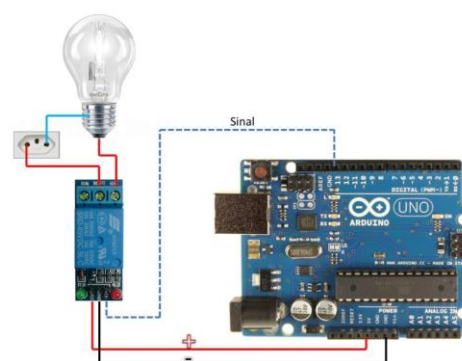


9.2. Actuadores

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía (en nuestro caso eléctrica) en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Su función en un sistema domótico va a ser la de cambiar la situación de la vivienda tras un evento ocasionado al hacer por ejemplo una lectura de un sensor que debe ser tratada.

Módulo Relé

Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Este tipo de módulos permite activar actuadores como por ejemplo el de una persiana, la puerta del garaje o el de una bombilla. Relé bobina a 12V CC. Potencia máxima 1A 220V



9.3. Baterías

Las baterías son uno de los elementos fundamentales en el diseño de nuestro sensor inalámbrico, tanto por el diseño de la propia placa como la capacidad de otorgar autonomía a nuestro sensor.

En este apartado hacemos un breve resumen de los parámetros a tener en cuenta en nuestra elección, comparamos las baterías disponibles y finalmente seleccionamos la más idónea para nuestra aplicación.

- La tensión que aporta: Los requerimientos de diseño imponen que nuestra batería presente una alimentación entre 2.8 V y 3.4 V, que es el rango de tensiones de alimentación de las Xbee.
- La capacidad de la batería, que la medimos en mAh. Este es un factor de vital

importancia ya que de esta manera podemos medir la vida que tendrá la aplicación. Por ejemplo, si la batería tiene una capacidad de 250 mAh, y provee una corriente media de 2 mA a la carga, en teoría la batería podría otorgar una vida de 125 horas a nuestro equipo.

- El modo en que consume energía el sensor. Si el sensor consume un determinado valor de corriente continuamente no es lo mismo que hacerlo a picos.

9.4. Comunicadores

Este apartado abarca el conjunto de elementos que permiten la comunicación entre distintas placas Arduino y el servidor o incluso con electrodomésticos del hogar. El medio por el que circula la información puede ser por aire (modulación de ondas electromagnéticas) o físico (por cable) teniendo sus ventajas e inconvenientes. Normalmente estos dispositivos tendrán a nuestra disposición librerías con funciones ya implementadas que nos facilitará su manejo. Si el medio es el aire el sistema total va a ser más barato puesto que evitamos tener que cablear las habitaciones, además de esto conseguimos que sean más estéticas. En cambio las transmisiones son menos seguras y puede haber problemas por el ruido ocasionado de otros elementos que utilizan el aire como forma de comunicación. Además los obstáculos que haya entre emisor y receptor van a reducir la distancia de transmisión. Por parte de los sistemas que utilizan cables para enviar datos debemos tener en cuenta su coste de instalación además de estudiar si nos gustaría estéticamente ese cableado en la habitación. Pero esto puede suplirse sabiendo que las transmisiones serán más robustas y seguras.

Módulo XBee

Los módulos Xbee son fabricados por la empresa Digi, proporcionan conectividad inalámbrica con otro dispositivo de la misma serie por un precio económico comparado con el de otros fabricantes. Este elemento se comunica utilizando ZigBee, que es un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión



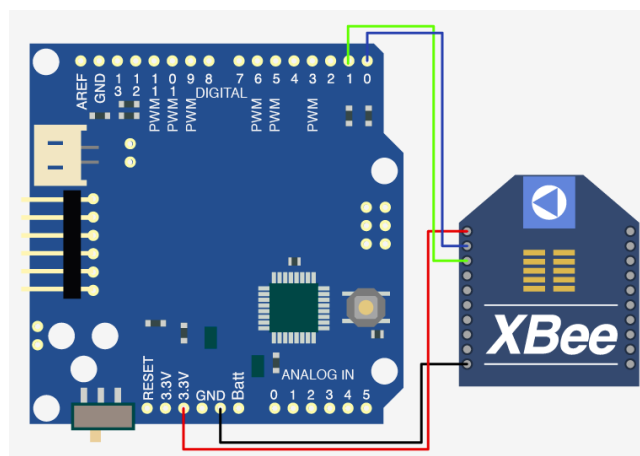
digital de bajo consumo. Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y que necesiten un bajo consumo. Utiliza unas frecuencias comprendidas entre 865MHz y 2.4GHz. La principal ventaja de este módulo es el precio, que es el más barato de todos, además es el más extendido entre el público, lo que la posibilidad de poder conseguir y compartir mucha información con usuarios. Como desventajas no dispone de microcontrolador.

Para muestrear señales los módulos Xbee están equipados con conversores A/ D de 10 bits. Otra característica importante es el tiempo de muestreo que se puede modificar con el comando IR y las unidades en ms. Por ejemplo para pedir un tiempo de muestreo de 10 ms programaremos ATIR= 0x0A. Otra característica importante es el número de muestras que queremos tomar antes de enviar datos Esto se puede cambiar con el comando IT, teniendo en cuenta que podemos almacenar un máximo de 93 bytes y que cada muestra ocupa 2 bytes, podremos llegar a tomar 43 muestras antes de enviar. El máximo tiempo de muestreo es de 1 muestra / ms.

Podemos encontrar en el mercado módulos inalámbricos como el bluetooth e infrarrojos, y por otro lado la comunicación cableada.

De todos modos las cabañas se registrarán únicamente de la conexión inalámbrica ZigBee y todo el complejo estará dotado de Wi-Fi. En principio no contemplamos la utilización de Ethernet.

La conexión del módulo ZigBee a la placa Arduino es muy práctica y se suele hacer en muchos casos. A continuación se muestra la conexión que existe:






			
	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
Velocidad	<50 Mbps	1 Mbps	<250 kbps
Núm. nodos	32	8	255 / 65535
Duración batería	Horas	Días	Años
Consumo transm.	400 ma	40 ma	30 ma
Consumo reposo	20 ma	0.2 ma	3 µa
Precio	Caro	Medio	Barato
Configuración	Compleja	Compleja	Simple
Aplicaciones	Internet en edificios	Informática y móviles	Domótica y monitorización

Tabla 6. Comparativa entre comunicadores.

9.5. Servidor

Es el órgano principal del sistema y va a ser el encargado de que el usuario pueda controlar los distintos elementos del hogar resolviendo sus peticiones. Apoyándonos en el servidor y en otros dispositivos podríamos controlar el sistema incluso fuera de casa, por ejemplo desde el móvil utilizando una aplicación, enviando un mensaje de texto o simplemente desde un navegador de internet. El servidor escogido es el PLC de industrial shields (PLC Arduino ARDBOX 20 I/Os Analog). Las características de este PLC son:

Inputs/ Outputs (20 I/Os) (Arduino Leonardo included)

- 10 Inputs:

- (9x) Analog (0-10Vdc) / Digital (24Vdc) Inputs, configurable by jumpers¹
- (1x) Digital inputs PNP (24Vdc).

- 10 Outputs:

- (7x) Digitals (24Vdc) / Analog (0-10Vdc) / PWM (24Vdc) outputs, configurables by

Jumpers1.

- (3x) Digital PNP outputs.

-Communications:

- (1x) USB port (type B).
- (1x) Serial port (using USB port)

-Other Specifications:

- Pot: 30W
- Flash memory: 32kB of wich 0.5kB used by bootloader.
- SRAM: 2kB
- EEPROM: 1kB
- Clock Speed: 16MHz

9.6. Diagramas de flujo de funciones principales

En esta sección mostramos los diagramas de flujo que gobiernan el sistema de monitorización y guardado de datos que corre en el PLC.

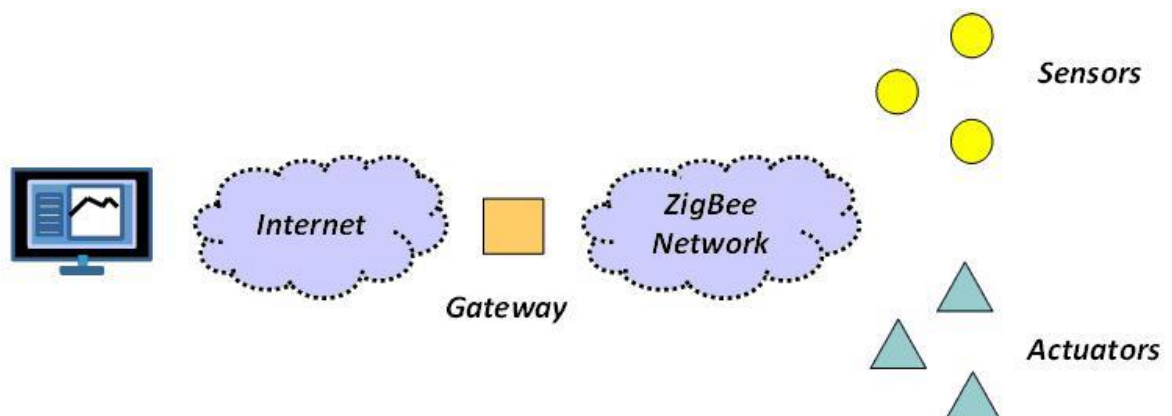
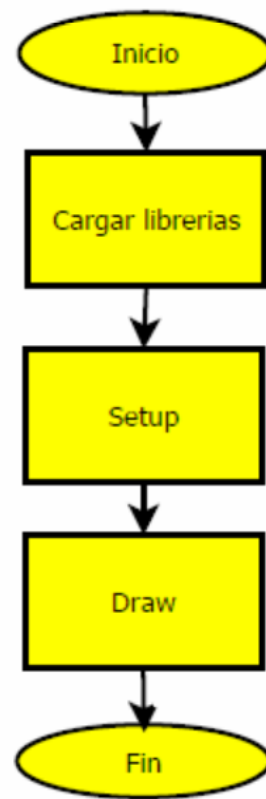


Ilustración 14. Flujo de funciones principales.

Lo primero que hacemos es cargar las librerías relacionadas con el proyecto (que deben estar en el directorio del proyecto donde trabajemos, dentro de una carpeta que hay que llamar: "libraries"). Posteriormente mediante la función setup establecemos la configuración básica del programa, así como el tamaño de la pantalla que usaremos, inicialización de variables, etc. Luego, la función draw se ejecuta cíclicamente (tal como haría una función main() en un programa en C por ejemplo). El programa finaliza por programación, ya sea por la activación de alguna variable de proceso o con algún botón de la interfaz gráfica. La función Setup() se usa para establecer las propiedades iniciales del programa, tales como cargado de imágenes, tamaño de la pantalla, abrir puertos de comunicación, etc. Se ejecuta antes que la función draw() haya empezado a ejecutarse, una sola vez, al arrancar el programa. Sólo puede haber una función Setup() por programa.



10. Sistema de domótica (gestión técnica):

La domótica propone un ahorro mínimo de entre el 25 y 30% en el consumo energético, y la inversión en una vivienda para incorporarle tecnologías de gestión automatizada se amortizaría en dos o tres años. Se estima que un apartamento de unos 30 metros cuadrados podría automatizarse por unos 1.950 euros, aunque el coste final dependerá siempre de la tecnología utilizada, puntos de control y del tipo de acabados.

En un pasado los usuarios apostaban más por soluciones de confort pero, en la actualidad, todo lo relacionado con el ahorro y la eficiencia energética. La gente está más concienciada con la eficiencia energética, ya que los costes están al alza y cada vez tienen más peso en los gastos de una familia.

El sector de domótica propone la gestión eficiente del uso de la energía, que contribuye al ahorro de agua, electricidad, y en por lo general todo lo relacionado con la energía. La domótica permite gestionar de forma inteligente la iluminación, la climatización, el agua caliente sanitaria, el riego, los electrodomésticos, etc., aprovecha mejor los recursos naturales y las tarifas horarias de menor coste, reduciendo además la factura energética.

En nuestro caso apostaremos por una domótica estándar o convencional. En la cual se controlarán estos aspectos:

- **Iluminación:** Encendido, apagado y regulación de los puntos de luz por zonas.
- **Persianas:** Automatización de persianas en función de la luz exterior.
- **Clima:** Se mantiene un nivel óptimo de confort combinado con el gasto mínimo de energía calorífica.
- **Seguridad:** Se garantiza la seguridad de cada cabaña mediante sistema de alarma al recibir avisos de presencia, fugas, gas o fuego.
- **Ahorro energético:** Medición del consumo de los dispositivos que permite controlar y planificar los costes en electricidad.
- **Gestión meteorológica:** a partir de la información de humedad y temperatura se

establece el riego adecuado para cada terreno.

- **Control centralizado:** Se controlan los sistemas de la cabaña mediante móvil, ordenador o tableta.

10.1. Donde situar sensores



PLANO DEL CONJUNTO

Esc. 1.200

Ilustración 15. Amarillo: Parte de detección sensor de luz; Rojo: Sensor de presencia, gas y temperatura.

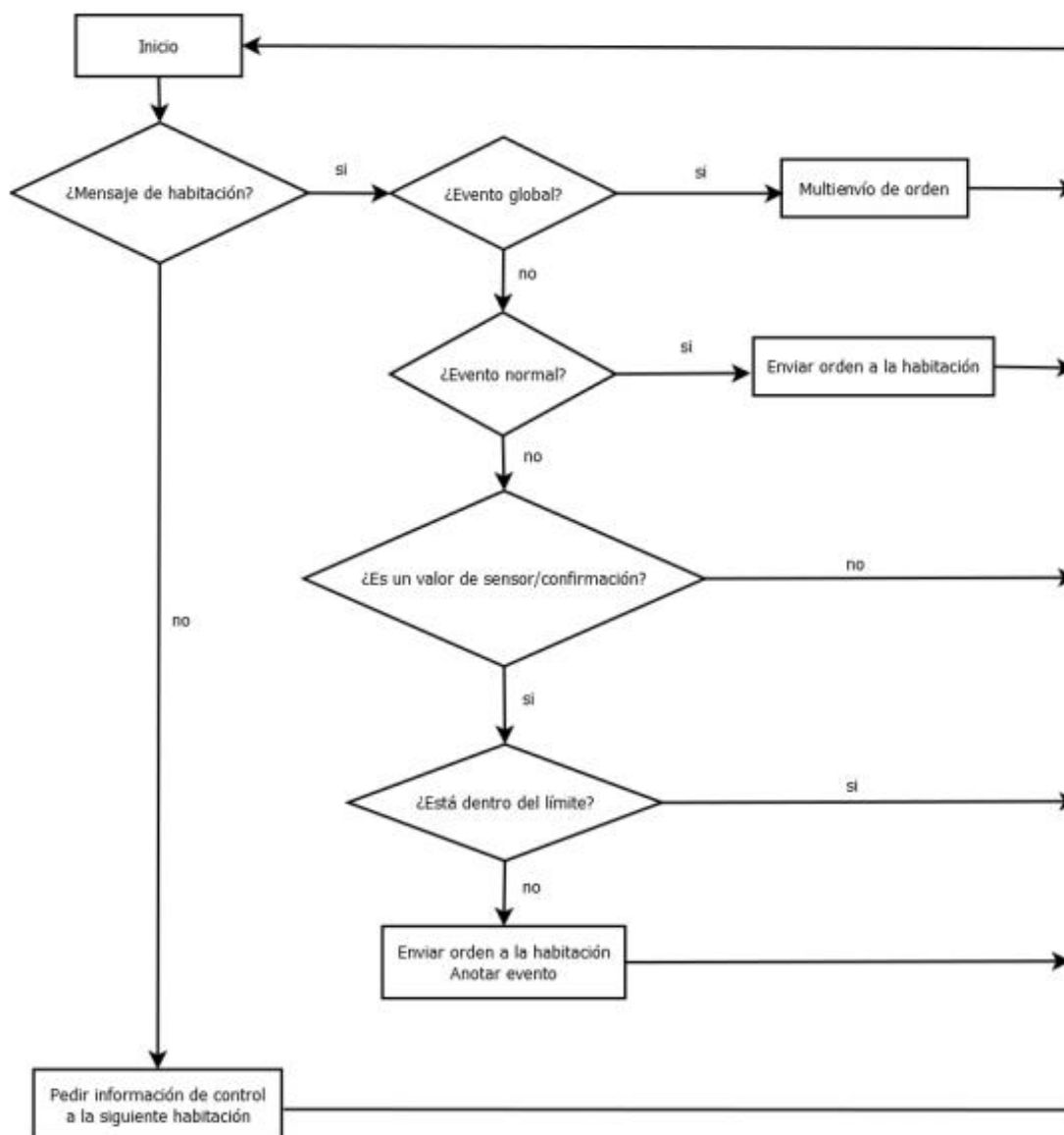
Los sensores de luz monitorizan las persianas dependiendo de los luxes exteriores, el sensor de temperatura controla la sensación térmica del habitáculo y el sensor de proximidad se encarga de automatizar las luces del comedor y zonas comunes.

En conjunto por cada cabaña se dispone de: 2 sensores de luz y 1 de gas, temperatura y presencia. El módulo de humedad se usará para el exterior de cada cabaña y servirá para monitorizar el riego.

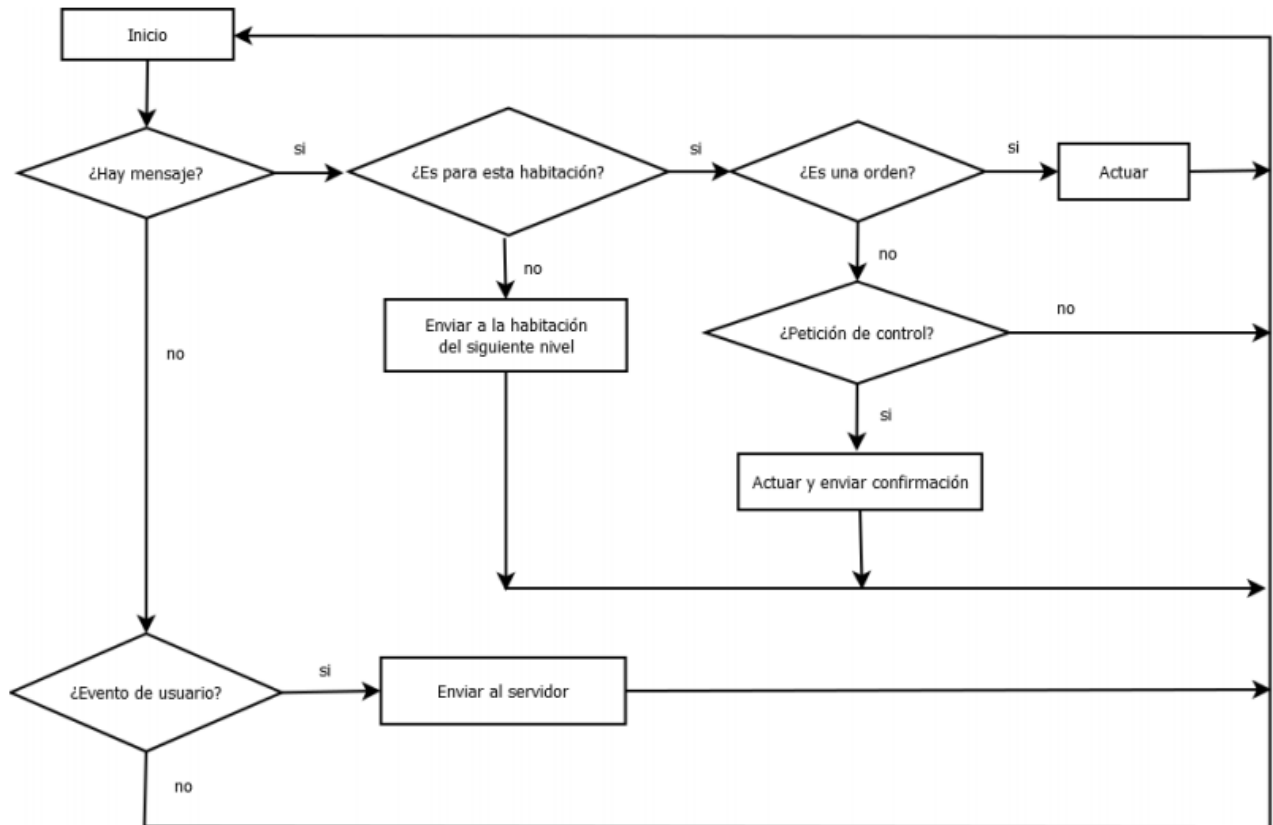
10.2.Arquitecturas de conexión

Una vez conocido como funciona Arduino y los distintos dispositivos que nos pueden ayudar a construir el sistema de domótica, debemos abordar la distribución de las placas y cómo va a ser estructurada su comunicación. Optaremos por una arquitectura centralizada. Al disponer de una arquitectura centralizada todas las órdenes pasarán por el servidor. El sistema es capaz de reconocer mensajes con el formato habitación/dispositivo/valor donde habitación representa al [recibidor, comedor, evento salirDeCasa] el dispositivo puede ser [presencia, temperatura, humedad] y el valor un numero entero que se pasará al dispositivo solo en caso de que sea de tipo escritura (digitalWrite/analogWrite), por ejemplo la luz.

10.2.1. Función del servidor (PLC) en la arquitectura centralizada



10.2.2. Función de la placa o sensor en la arquitectura centralizada



10.2.3. Encapsulados

El encapsulado cumple las siguientes funciones:

- **Excluir las influencias ambientales:** La humedad y el polvo en el aire son causas directas de defectos en los dispositivos semiconductores, además de las vibraciones y los golpes. La iluminación y los imanes también pueden causar mal funcionamiento. EL encapsulado evita estas influencias externas, y protege el chip de silicio.
- **Permitir la conectividad eléctrica:** Si los chips de silicio fueran simplemente encerrados dentro de un encapsulado no podrían intercambiar señales con el

exterior. Los encapsulados permiten la fijación de conductores metálicos denominados pines o esferas de soldadura (BGA) permitiendo que las señales sean enviadas a y desde el dispositivo semiconductor.

- **Disipar el calor:** Los chips de silicio se calientan durante el funcionamiento. Si la temperatura del chip se eleva hasta valores demasiado alto, el chip funcionara mal, se desgastara o se destruirá dependiendo del valor de temperatura alcanzado. Los encapsulados pueden efectivamente liberar el calor generado.
- **Mejorar el manejo y montaje:** Debido a que los circuitos incorporados en chips de silicio y los chips de silicio en sí son tan pequeños y delicados, no pueden ser fácilmente manipulados, y realizar un montaje en esa pequeña escala sería difícil. Colocar el chip en una cápsula hace que sea más fácil manejar y de montar en placas de circuitos impresos.

11. Presupuesto

11.1. Presupuesto de domótica en cabañas

Elemento	Unidad	Medición	Descripción de la partida	Precio (€/u)	Precio (€)
Code key	Unidad	70	code-key, locking systems	71,5	5005
Sensor PIR	Unidad	25		4	100
Sensor temperatura - LM35	Unidad	25		2,5	62,5
Sensor de luz	Unidad	50		4,5	225
Sensor de humedad	Unidad	5		3	15
Sensor de gas - DHT11	Unidad	25		3,5	87,5
Módulo xbee	Unidad	130	XBee 2mW Serie 2 (ZB) con Antena	23,45	3048,5
PLC	Unidad	5	Producto de la empresa industrial shields	140	700
TOTAL					9243,5

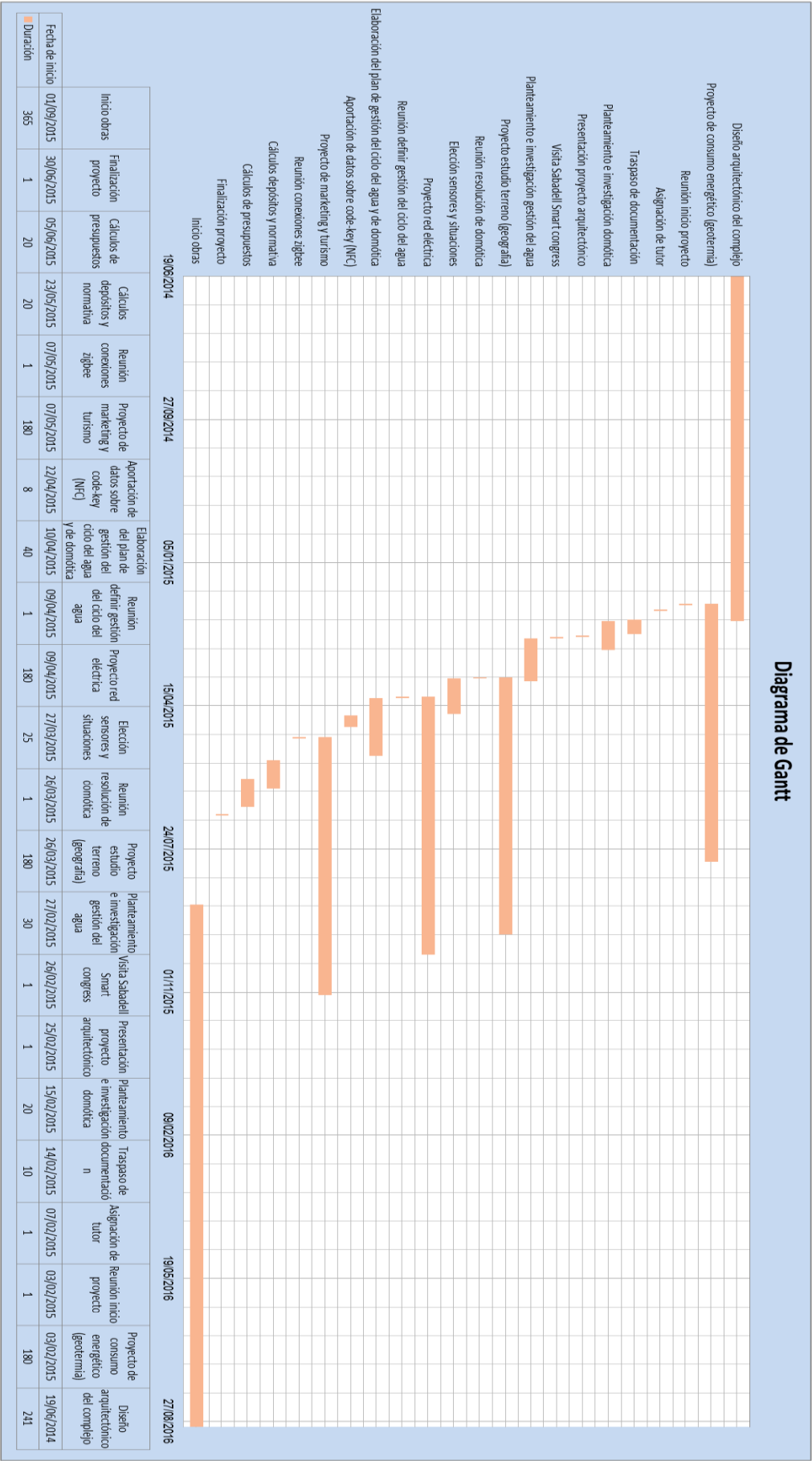
11.2.Presupuesto gestión del agua

Elemento	Unidad	Medición	Descripción de la partida	Precio (€/u)	Precio (€)
Zanja	m3	268	Excavación de zanja y pozo de hasta 4 m de profundidad, en terreno blando (SPT <20), realizada con retroexcavadora y carga mecánica sobre camión	6,65	1782,2
Refino	m2	160	Refino de suelos y paredes de zanjas, pozos y recalces hasta 4 m de profundidad	4,14	662,4
Apuntalamiento	m2	170	Apuntalamiento y entibación a cielo abierto, hasta 3 m de altura, con puntales metálicos y madera, para una protección del 20%	15,48	2631,6
Encofrado, Armadura y hormigonado cimientos	m2	105	Losa aligerada de hormigón armado HA-30/10/IIb de 40 cm de canto, con capa superior e inferior de hormigón de 7,5/7,5 cm, armadas con malla electrosoldada de barras corrugadas de acero B500SD, ME 15x15 cm D: 6-6 mm con una cuantía de 0,50 m2/m2 de aligeradores de poliestireno expandido, interejos de 100 cm, nervios de 30 cm de espesor, armados con 30 kg/m2 de acero en barras corrugadas, utilizando encofrado para dejar el hormigón visto de <= 3 m de altura, hormigonado con bomba	120,49	12651,45
Encofrado estructura	m2	110	Montaje y desmontaje de una cara de encofrado, con panel metálico de 50x250 cm para muros de base rectilínea, encofrados a una cara, de altura <= 3 m	18,99	2088,9
Armadura estructura	kg	482	Armadura para muros de contención AP400 S, de una altura máxima de 3 m, de acero en barras corrugadas B400S de límite elástico >= 400 N/mm2	1,11	535,02
Hormigonado	m3	32	Hormigón para muro, HRA-25/B/10/I, de consistencia plástica y tamaño	91,19	2918,08

estructura		máximo del árido 10 mm, vertido con cubilote			
Forjado prefabricado	m2	88	Montaje de forjado con perfil de plancha colaborante de acero galvanizado de 0,75 mm de espesor, de 200 a 210 mm de paso de malla y 60 mm de altura máxima, peso de 8 a 9 kg/m2 y un momento de inercia de 50 a 60 cm4	27,71	2438,48
Canaleta cubierta	ml	153,5	Canal de material plástico sin pendiente, de ancho 100 a 200 mm y 60 a 100 mm de altura, con perfil lateral, con rejilla de material plástico nervada clase B125, según norma UNE-EN 1433, fijada con cancela al canal colocado sobre base de hormigón con solera de 100 mm de espesor y paredes de 100 mm de espesor	54,66	8390,31
First-flush	Unidad	1	Depósito de agua sucias diseñado para la recolaceta de los 300 primeros litros de lluvia con mayor concentración de impurezas	34,95	34,95
Depósito 27 m3	Unidad	1	Depósito destinado a la acumulación de agua pluvial fabricado de poliéster con registro en la parte superior. Incorpora un filtro para la retención de partículas sólidas y un sistema airturculante redirigiendo el agua entrante evitando agitar el agua ya almacenada.	1512	1512
Filtro Carbón activo	Unidad	1	Filtro de carbón activado, poliéster reforzado, de 12L/h, con conexión de diámetro 1"1/2, montado entre tubos	2347,64	2347,64
Filtro de Dolomita y Calcita	Unidad	1	Filtro de arena, poliéster reforzado, de 12L/h, con conexión de diámetro 1"1/2, montado entre tubos	675,76	675,76
Depósito 0,5 m3	Unidad	1	Depósito cilíndrico con tapa apoyada, de poliéster reforzado, de 1000 l de capacidad, colocado sobre bancada	63	63
Bomba hidráulica	Unidad	1	Bomba centrífuga autoaspirante de 3 m3/h de caudal, como máximo, de	310,39	310,39

			presión máxima 1 bar, de precio alto y montada en arqueta de canalización enterrada		
Depósito 0,3 m3	Unidad	1	Depósito cilíndrico con tapa apoyada, de poliéster reforzado, de 1000 l de capacidad, colocado sobre bancada	37,8	37,8
Capa de impermeabilización	Unidad	1	Impermeabilización de paramento con polímero en dispersión acuosa ref. B84906005 de la serie Impermeabilizantes de BUTECH con una dotación de 3,5 kg/m2. Otros artículos: ref. 710030 de la serie Danofelt PY de DANOSA	31,59	31,59
Filtro de cartucho	Unidad	1	Filtro de carTUCHO, poliéster reforzado, de 12L/h, con conexión de diámetro 1"1/2, montado entre tubos	675,76	675,76
TOTAL					39787,65

12. Diagrama de Gantt



13. Conclusiones

13.1. Conclusión optimización de la gestión del agua

Partiendo desde el agua como una necesidad imprescindible para el desarrollo de la vida, y visto el aumento de su demanda, es claro que se debe intervenir en su proceso. A diferencia de otros productos, en el agua hemos de intervenir en su proceso, debido a su inviable creación.

Dicha intervención es aplicable para cualquier hogar de cualquier zona geográfica, independientemente de su pluviometría, únicamente determinará la posibilidad de poder depender absolutamente del agua precipitada para el consumo o solamente ser una aportación extra. De todas maneras, en ambos posibles casos, se consigue alterar el ciclo hidrológico, mediante la reutilización, dándole una vuelta más es un su punto de uso. La zona de Llivia tiene una pluviosidad notable con lo que favorece la aplicación de este sistema.

Teniendo ya presente la importancia de intervención, debemos valorar que utilidad de agua desestimamos. Por ello, nos dirigimos por dos caminos: el primero referente al agua de lluvia, la cual no solo desperdiciamos prácticamente en su totalidad, sino que en muchas ocasiones supone una carga. El segundo camino a reconducir es el uso de agua potable para usos en los que no se requiere tanta calidad. El proporcionar agua potable supone un coste importante, el cual desperdiciamos sin darnos cuenta. Vistas ambas vías, es ineludible el análisis de la calidad necesaria para cada uso y ajustarla para cada caso. Sabiendo dichas premisas solo falta hacer confiar al consumidor, informándole de la salubridad para cada uso y dándole la confianza que necesita. Así pues, se consigue ajustar la calidad del agua al uso de cada servicio.

Además de facilitar la información requerida, es muy buena opción proponer al usuario que se responsabilice de mantener la instalación en buen estado, siendo él mismo el encargado de recibir su calidad requerida y aportando su grano de arena para un planeta más sostenible, asociándolo a contrabater la sensación de culpabilidad por el exceso de consumo que todos deberíamos tener.

Sin embargo, aun teniendo en cuenta que se trata de una inversión económica, es de

admitir que el precio de inversión inicial es alto. Coste que la mayoría de la población no está dispuesta a gastar simplemente por la mejora de un futuro mundo mejor. Visto que se trata de una idea por el bien común y favorable para el medio ambiente, podría plantearse un plan de subvención ya sea por el estado o por entidades privadas.

Respecto el escenario actual, sus principales problemas y las posibles soluciones, vemos que:

Tal y como se podemos ver en el conjunto del complejo, la propuesta basada en la instalación del sistema por cada cabañas con extensa superficie de cubierta y amplia superficie de zona ajardinada por usuario, se ve que no solucionaría al 100% la problemática existente, pero tal y como se ha demostrado, se trata una instalación que ofrece importantes prestaciones cuando el complejo está a media ocupación.

13.2. Conclusión del diseño de un sistema de control de domótica basado en la plataforma Arduino

Este proyecto me ha dado la oportunidad de aprender mucho sobre el mundo de la domótica y un poco de electrónica general. La finalidad era reducir los gastos energéticos y mejorar el confort dentro de cada cabaña a un módico precio.

Se ha podido demostrar que es posible instalar un sistema de domótica apoyándonos en la plataforma Arduino, con un coste muy inferior al que se utiliza en las viviendas de lujo, a cambio de dedicarle un poco de tiempo.

Las ventajas son claras, conseguir una eficiencia energética sobre un 30% más que de la que podríamos obtener sin aplicar domótica en la cabaña, y dar al consumidor una estancia más cómoda y con más prestaciones a nivel tecnológico.

Si bien es cierto que nos ahorramos bastante utilizando una conexión zigbee contra el cableado tradicional, puede ser que los operarios encuentren más dificultades a la hora de realizar la instalación. Otro aspecto a tener en cuenta es la modificación de los códigos de los sensores, si bien disponen de un lenguaje estándar para cada uno, cuando ya se haya realizado la instalación por completo, es necesario adaptarlos a cada cabaña, es decir, el nivel de luz a partir del cual las persianas suben o que se enciendan las luces interiores cuando detecten una presencia a una determinada distancia.

14. Bibliografía

14.1. Gestión del agua

Administración de las obras sanitarias del estado (2006). Norma interna de calidad de agua potable 2006.

Agència catalana de l'aigua (2011). Dimensionado de depósito de almacenaje. Generalitat de Catalunya 2011

Albert Soriano Rull (2012). Evacuación de aguas residuales en edificios. 2012

Albert Soriano (2012). Reutilización de aguas grises y vertido de aceites usados en la red de evacuación. 2012

Bardahal 2012. Informe sobre tipos de productos detergentes, 2012

Based on Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture 2007

Beatriz Corzo (2012). Estudio de remineralización en unidad de verificación. Lecho de calcita y dolomita granulada. Acciona agua. 2012

Cornell Cooperative Extension (1995). New York State College of Human Ecology, Diciembre, 1995

Enrique Muñoz S. (2013., Blog profesional dedicado a la ingeniería industrial, enero 2013

E.U. Politecnica U. Sevilla. Master en ingeniería del agua. Manual del Carbón activo.

Gerardo Wadel (2013). Conceptos y estrategias del agua. Máster en certificación energética y evaluación de la calidad ambiental de los edificios. 2013

Gerardo Wadel (2013). Eines i metodologia d'anàlisi d'aigua: balanç hídric de l'edifici. Máster en certificación energética y evaluación de la calidad ambiental de los edificios. 2013

Generalitat de Catalunya (2014). Índex de qualitat de l'aire. 2014

Guía de sistemas de ahorro de agua

Guía técnica del aprovechamiento de las aguas pluviales en edificios. Aqua Barcelona



Ministerio de comercio y turismo de Perú (2008). Manual técnico de difusión, sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales 2008

Ministerio de la protección social ministerio de ambiente (2007). Vivienda y desarrollo territorial. Resolución número 2115. Junio 2007.

Patricia Jamilette Kestler Rojas (2004). Uso, reuso y reciclaje del agua residual en una vivienda. Universidad Rafael Landívar, facultad de ingeniería civil administrativa. 2004

REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Remedios González Luque (2006). Química general para las ciencias ambientales. Universidad de Valencia. 2006

R. Manrique, H. Jiménez, H. Álvaro, R. Torralba, L. Acosta (2002). Estudio de viabilidad de sistemas de aprovechamiento de aguas residuales. 2002

Páginas web:

<http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST297ZI75918&id=75918>

<http://itec.es/noumetabase2.e/consultes.aspx?paraula=E2241300>

14.2. Domótica:

Comunicación serie entre Arduinos:

<http://www.youtube.com/watch?v=FiDaNkuwgQM>

Datasheet Ethernet Shield:

http://www.nuelectronics.com/estore/index.php?main_page=project_eth

Información sobre sensores: <http://www.ladyada.net/learn/sensors/index.html>

Librería IRremote: http://www.pjrc.com/teensy/td_libs_IRremote.html

Librería NECIRrcv: <http://www.sherkhan.net/blogs/frikadas/?p=331>

Página oficial de Arduino: <http://www.arduino.cc/>

<http://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardLeonardo>

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf> datasheet LM35

Sabadell Smart Congress:

- <http://sabadellsmartcongress.com/llista-expositors/>
- <http://sabadellsmartcongress.com/llista-ponents/>



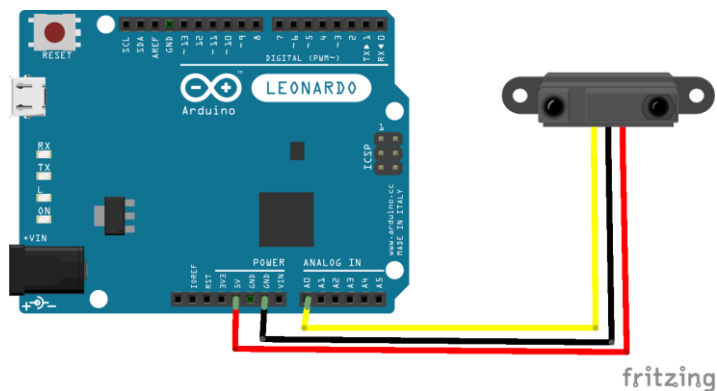
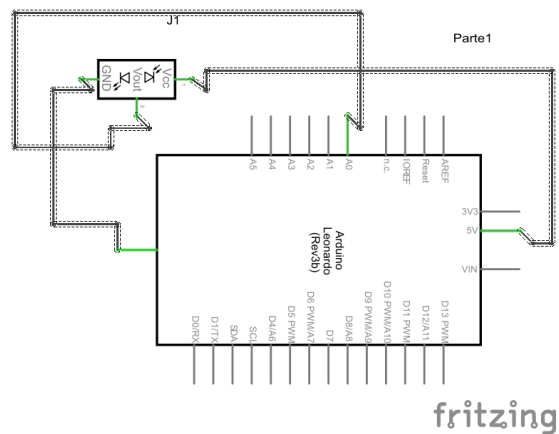
15. Anexos

15.1. Precipitaciones estratificadas por años y meses:

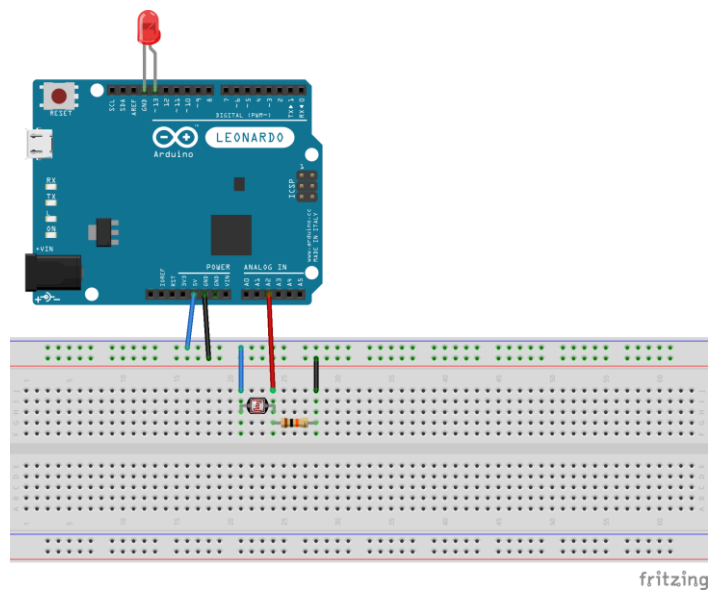
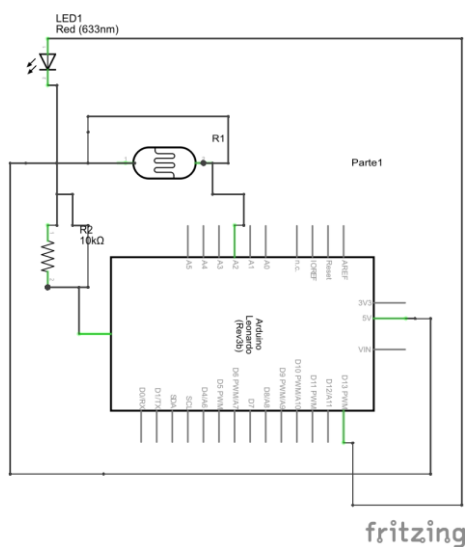
precipitacion es (l/m^2)	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000
Enero	38,7	42,1	0	10,5	13,4	32,7	18,2	3,6	91,2	2,4	11,2	23,2	5	29,6	1,4
Febrero	28,2	13,9	4,8	6,6	13,5	28,4	7,2	24,2	3,8	5	14	34	16	0,6	2,6
Marzo	24,8	61	88,7	94	57,5	25	37,8	9,2	35,2	18,4	28,8	16,4	23,2	66	25,6
Abril	61,2	75,5	86	27	24,6	109,4	70,6	74,4	8	18,6	60,2	19	88	49,8	48,4
Mayo	74,6	82,1	72,2	53,4	103,3	75,6	174,2	67,6	13,8	41	38	75,4	39,6	27,6	82,6
Junio	80,6	38,1	25,2	54,1	131,2	47,1	42,4	44,6	41,6	61,2	61	65,6	86,6	26,6	74,4
Julio	84,4	120	14,8	53,1	118,5	62,8	27,8	20,3	27	44,2	38,2	27	54,6	74,6	18,6
Agosto	139,3	76,3	26,2	9,8	49,3	75,8	51,8	111,2	51,4	53,8	82,2	26,4	186,8	30	33,2
Setiembre	54,3	34,6	38,6	53,3	45,7	45,9	46,6	9,4	71	49,6	15,6	37,4	55,2	25,2	98,4
Octubre	30,1	12,8	64	23,3	70,6	44,5	70	32,2	28,6	82	29	70,8	50,4	40,6	21,6
Noviembre	112,7	48,9	35,4	53,5	13,1	30,2	82,4	16,2	9,8	52,2	2,6	63	50,2	54,4	27,4
Diciembre	2,8	8,8	0,7	4,3	17,2	47,8	18,7	3,8	3,4	11,2	14,6	72,2	54,6	8	68,2
TOTAL	731,7	614,1	456,6	442,9	657,9	625,2	647,7	416,7	384,8	439,6	395,4	530,4	710,2	433	502,4

15.2. Conexiones sensores:

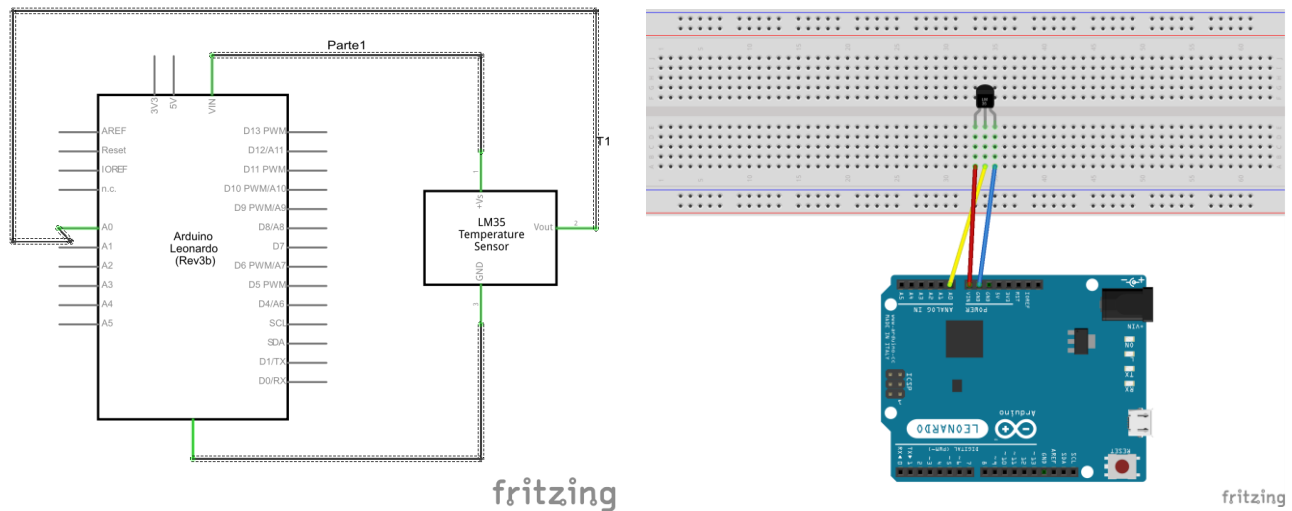
15.2.1. Sensor de proximidad:



15.2.2. Sensor de luz:

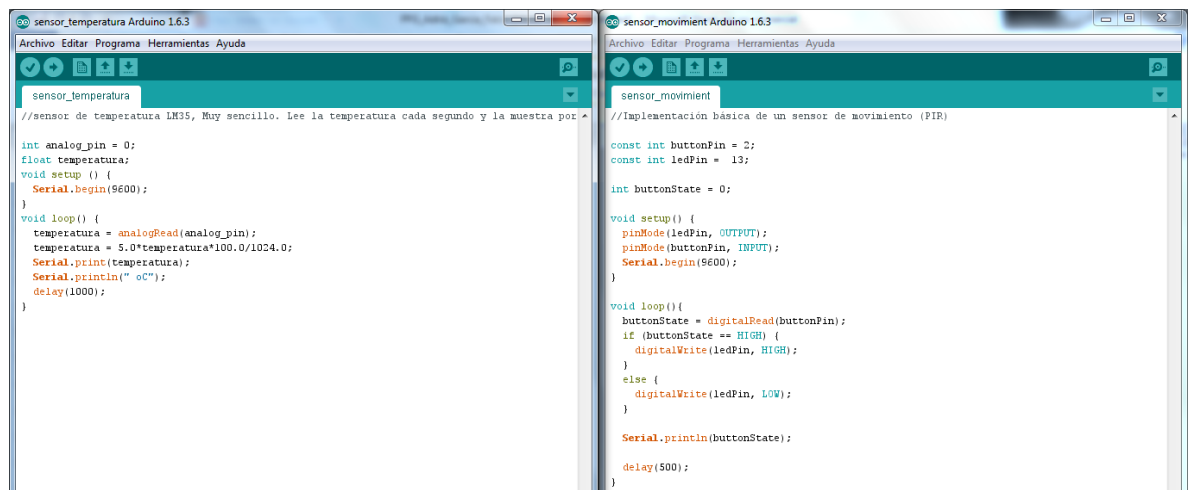


15.2.3. Sensor de temperatura (LM-35):



15.3. Códigos de sensores:

15.3.1. Códigos para sensor de temperatura y movimiento



15.4. Pliego de condiciones de todo el complejo

Capítulo 1. REDACCIÓN DE INFORMES, PLAN ESPECIAL URBANO (PEU) y ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Capítulo 2. PROYECTO URBANO - COMPLEJO VACACIONAL EN LA Cerdanya - LLÍVIA

Capítulo 3. PROYECTO EDIFICIO CENTRAL

Capítulo 4. PROYECTO CABAÑAS

Capítulo 5. PROYECTO EDIFICACIONES ANEXAS

Capítulo 6. PROYECTO DE INSTALACIONES edificio central + cabañas + anexos incluyendo energía solar térmica y fotovoltaica (pensado para domótica y sistemas de gestión y recuperación).

Capítulo 7. PROYECTO DOMÓTICO (1): ICT, tecnología, comunicaciones, desarrollo, sistema de gestión técnica de edificios, seguridad y realización / programación del interfaz visual básico.

Capítulo 8. PROYECTO DOMÓTICO (2): Desarrollo/selección del hardware de control del complejo.

Capítulo 9. PROYECTO DOMÓTICO (3): Desarrollo y/o adaptación del software de control del complejo, sistema de gestión integral e interfaz visual avanzado.

Capítulo 10. PROYECTO Y PLAN DE SEGURIDAD

Capítulo 11. PLAN DE DESARROLLO DENTRO DE LAS INSTITUCIONES

Capítulo 12. PLAN DE VIABILIDAD ECONÓMICA

